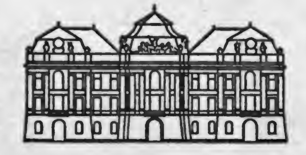
PRÜFUNG DER LEHRE VOM DRUCKE DER LUFT NEBST EINER NEUEN...

Franz Klee









Prüfung der Lehre

vom

Drucke der Luft

nebst

einer neuen Theorie

über die

Verdunstung und Bildung der Niederschläge in der Atmosphäre.

Von

***Dr. Franz Klee*,**

praktischem Arzte und Mitglied der rheinisch-naturforschenden Gesellschaft zu Mainz.

Mainz,

bei Kirchheim, Schott und Thielmann.

1837.


KAISERLICHE KOENIGLICHE
WIEN
HOFBIBLIOTHEK

Vorrede.

Gegenwärtige Abhandlung hat hauptsächlich den Zweck, die Lehre vom Drucke der Luft einer neuen Prüfung zu unterwerfen und nachzuweisen, dass sämmtliche Erscheinungen, welche man aus dem Luftdrucke abzuleiten pflegt, auf einem ganz anderen Grunde beruhen. Wie gewagt es auch scheinen mag, gegen eine Ansicht aufzutreten, welche in der Wissenschaft so allgemeine Geltung erlangt hat, so wird doch jeder einräumen müssen, dass es auf diesem Gebiete keinen Präscriptionstitel gibt, sondern alles auf die Gründe ankömmt. Auf welcher Seite die überwiegende Macht der Gründe sich befindet, das wird sich in der Folge zeigen, und ich hege die feste Zuversicht, dass diejenigen, welche ohne alle Befangenheit mit mir auf eine nähere Untersuchung der Sache eingehen, zu der Ueberzeugung gelangen werden, dass die herrschende Lehre vom Luftdrucke durchaus unhaltbar ist.

Indem ich mich auf dem literärischen Gebiete umsah, ob nicht schon von irgend einer Seite gegen die fragliche Lehre ein Einspruch geschehen sei, fand ich, dass dieselbe wirklich in neuerer Zeit auch schon von Anderen, namentlich zuerst von *Röttger* (in seiner Elementarphysik und Physiologie. Magdeburg, 1822) und durch diesen veranlasst, später auch von *Flügel* (in seiner Schrift: Versuch einer Widerlegung der Lehre vom Drucke der Luft. Leipzig, 1826) angegriffen worden sei. Obgleich ich mit Beiden darin übereinstimme, dass sämmtliche von dem Drucke der Luft abgeleiteten Erscheinungen eigentlich auf einer Anziehung beruhen, so muss ich doch bekennen, dass ihre Arbeiten, wie mir scheint, sehr mangelhaft sind und die Unhaltbarkeit der herrschenden Lehre nicht deutlich genug zeigen. Daher fand ich mich bewogen, meine Untersuchung fortzusetzen und in der angefangenen Weise zum Ziele zu führen, wobei ich mich ganz selbstständig und von oben erwähnten Schriften unabhängig hielt, wie sich bei einer Vergleichung auf den ersten Blick ergeben wird.

Da ich in der Erklärung mancher hierher gehörender Phänomene von den Ansichten anderer Physiker mehr oder weniger abweiche, so hielt ich

es für zweckmässig, über verschiedene Eigenschaften der Körper und ihre Wirkungen diejenigen Erörterungen vorauszuschicken, welche nachher bei der eigentlichen Abhandlung des Gegenstandes zur Sprache kommen mussten, und zur leichteren und genaueren Verständigung des Ganzen nothwendig oder nützlich schienen. Bei dieser Einleitung wurde etwas weit ausgeholt und dieselbe mit einer kurzen Darstellung der Lehre vom Drucke der Luft begleitet, weil die Abhandlung nicht blos für Männer von Fach bestimmt, sondern auch den auf dem Gebiete der Physik weniger heimischen brauchbar sein sollte. Der Gegenstand selbst musste besonders ausführlich erörtert werden, weil er sowohl für die Physik überhaupt und für die Meteorologie insbesondere von hoher Wichtigkeit, als auch für die Physiologie und Pathologie von grossem Interesse ist.

Ob ich meine Aufgabe gelöst habe oder nicht, darüber mögen competente Richter urtheilen; jedoch bitte ich diejenigen, welche etwa geneigt sind, gegen meine Ansicht aufzutreten, dass sie nicht bloss hin und wieder einzelne Sätze meiner Abhandlung herausheben, sondern den Gang der Untersuchung einhalten, alle von mir aufgeführten Gründe gehörig würdigen, und nicht mit schaaler

Declamation, sondern mit triftigen Gegengründen angreifen mögen. Denn nur durch eine mit allem Ernste geführte Untersuchung kann die Wahrheit ermittelt und die Wissenschaft gefördert werden.

Mainz, den 20. September 1837.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Anhang.

Druckfehler.

Seite 11 Zeile 6 statt verschiedenartige lies verschiedenartigen.
» 13 » 12 st. grössers l. grösseres.
» 84 » 8 v u. st. Kubikfluss l. Kubikfuss.
» 93 » 7 st. darin leicht l. darin einander leicht.
» 98 » 6 st. möglick l. möglich.
» 127 » 2 v. u. st. seie l. sein.
» 184 » 6 st. Körper l. Körpern.
» 222 » 4 st. lockerer l. trockener.

§. 1.

Ueber die Räumlichkeit und Undurchdringlichkeit der Materie und Körper.

Unter «Materie» versteht man dasjenige, was im Raume existirt, oder mit andern Worten, was einen Raum einnimmt, erfüllt. Mit dem Worte «Körper» bezeichnet man gewöhnlich eine bestimmte Menge Materie, oder eine jede begrenzte Masse. Die Räumlichkeit ist also die erste und wesentlichste Eigenschaft der Körper. Ohne Raum ist kein Körper möglich, und jeder Körper, welcher existirt, besitzt als solcher einen ihm angemessenen, unentbehrlichen Raum. Daher können zwei Körper nicht in einander dringen, so dass einer den Raum des andern einnehme und beide mit einander gleichzeitig in einem und demselben Raume existirten; sondern sie bleiben immer räumlich verschieden, eben weil jeder Körper, als solcher, seinen Raum unüberwindlich behauptet, und alle andere Materie davon ausschliesst und abhält. Zwei Körper können zwar, wenn sie flüssig sind, sich innig vermengen und einander in der Art durchdringen, dass sie zusammen nur eine Masse ausmachen; jedoch befinden sie sich alsdann nicht in einem und demselben Raume, sondern sind örtlich von einander unterschieden, indem ihre kleinsten Theilchen nicht wirklich in einander, sondern nur neben einander existiren. Diese Eigenschaft der Körper wird gewöhnlich mit dem Namen «Undurchdringlichkeit» bezeichnet.

Obgleich die Körper ihrer Natur nach wesentlich verschieden sind, so haben sie doch mehre Eigenschaften mit einander gemein, welche daher auch *allgemeine Eigenschaften* genannt worden sind. Hierher gehören z. B. die

Beharrlichkeit, Theilbarkeit, Porosität, Attractivität u. s. w. welche Eigenschaften nun noch näher betrachtet werden sollen.

§. 2.

Ueber die Beharrlichkeit der Körper

Wir finden, dass die leblosen Körper sich nicht selbst bewegen, auch nicht, wenn sie durch eine Einwirkung von aussen bewegt worden sind, ihre Bewegung selbst verändern, sondern in dem Zustande, worin sie sich einmal befinden, fortwährend beharren, d. h. mit andern Worten, dass jeder ruhende Körper so lange ruht, bis er durch eine von aussen einwirkende Kraft in Bewegung gesetzt wird, und dass ferner jeder Körper, welcher einmal bewegt worden ist, seine Bewegung beständig in einer und derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit so lange fortsetzt, bis er durch äussere Ursachen zur Aenderung seiner Richtung oder Geschwindigkeit genöthigt oder selbst wieder zur Ruhe gebracht wird. Die Körper beharren also stets mit einer gewissen Kraft in ihrem Zustande und können daher bei jeder Aenderung desselben Widerstand leisten. Wenn man z. B. einen ruhenden Körper in Bewegung setzt, so leistet er Widerstand, und zwar um so mehr, je grösser der Körper ist, und je schneller man ihn bewegen will. Ebenso leisten auch die bewegten Körper einen ihrer Grösse und Schnelligkeit angemessenen Widerstand, sobald sie in ihrer Bewegung gehemmt werden. Hieraus erhellet also, dass die Körper nur durch eine von aussen ihnen mitgetheilte Kraft in Bewegung gesetzt und ebenfalls nur durch Entziehung dieser Bewegkraft wieder zur Ruhe gebracht werden können. Diese Eigenschaft nun, vermöge welcher die Körper in dem Zustande, worin sie sich eben befinden, fortwährend mit einer gewissen Kraft beharren, heisst Beharrlichkeit oder Beharrungsvermögen, ist auch, jedoch mit Unrecht, Trägheit oder Trägheits-

kraft (vis inertiae) genannt worden. — Die Beharrlichkeit ist bei verschiedenen Körpern an Stärke sehr verschieden; so z. B. bei dem Holze viel geringer als bei einem Steine; so kann eine Kugel von Holz leichter d. h. mit einer geringeren Kraft bewegt werden, als eine ebenso grosse Kugel von Stein; sie kann aber auch, bei anfänglich gleicher Schnelligkeit, ihre Bewegung nicht so lange fortsetzen, als die Steinkugel, weil diese vermöge der ihr anfangs mitgetheilten grösseren Bewegkraft, mit mehr Kraft und Ausdauer in ihrer Bewegung beharrt. Hieraus erhellt, dass nicht allen Körpern eine gleichgrosse Bewegkraft mitgetheilt werden kann, sondern dass sie derselben mehr oder weniger fähig sind, je nachdem ihre Beharrlichkeit grösser oder kleiner ist. — Da die Beharrlichkeit der Materie als solcher eigenthümlich ist, so steht zu vermuthen, dass alle Materie an und für sich betrachtet eine gleichgrosse Beharrlichkeit besitze, und dass das Beharrungsvermögen verschiedener Körper sich nach ihrer Dichtheit richte, d. h. grösser oder geringer erscheine, je nachdem die Menge der in einzelnen Körpern enthaltenen Materie grösser oder kleiner ist, was in der Folge noch näher erörtert werden soll.

§. 3.

Ueber die Theilbarkeit der Körper.

Theilbarkeit heisst die Fähigkeit der Körper sich in Theile zerlegen zu lassen. Die Körper sind nämlich zusammengesetzt und bestehen aus unbeschreiblich kleinen Theilchen, welche daher Urtheilchen oder Elemente heissen, auch ihrer Untheilbarkeit wegen Atome genannt worden sind *). Die Theilung der Körper ist also eigent-

*) Es ist wohl zu bemerken, dass hier blos von physischer Theilbarkeit die Rede ist. Physisch theilbar ist dasjenige, dessen Theilung wirklich Statt finden, d. h. durch die Natur oder Kunst bewirkt werden kann. Mathematisch theilbar ist

lich bloss eine Trennung verbundener Theilchen. — Dass die Theilchen, als solche, schon in der Natur existiren und nicht erst durch die Theilung aus einem Ganzen entstehen, erhellet daraus, dass man in dem ganzen Bereiche der Natur überall vermischte und zusammengesetzte Materie findet. So z. B. besteht das Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff, die atmosphärische Luft aus Stickstoffgas und Sauerstoffgas und andern Beimischungen. Alle diese Stoffe enthalten auch Wärmestoff, welcher ebenfalls wieder mit Lichtstoff verbunden ist. Da nun diese Stoffe von Natur mit einander vermischt und zusammengesetzt sind, so müssen sie aus mehreren kleinen Theilchen bestehen, weil sonst ihre Vermischung und Zusammensetzung unmöglich wäre. Diese kleinen Theilchen der Körper, welche auch Moleeüle oder Moleculartheilchen, und in einem gewissen Sinne auch Elemente genannt werden können, sind nicht alle einfach, sondern grossentheils zusammengesetzt, so dass sie selbst wieder in kleinere Theilchen oder Elemente anderer Art zerlegt werden können. So z. B. bestehen die Molecüle oder kleinsten Theilchen des Wassers aus Sauerstoff und Wasserstoff; die des Weingeistes, der Naphten, der Oele vorzüglich aus Wasserstoff und Kohlenstoff. Ebenso sind die meisten Körper zusammengesetzt und zerlegbar, und es werden gewiss noch viele Materien, welche bis jezt für einfach gelten, mit der Zeit noch zerlegt werden.

---

alles, was sich als getheilt denken lässt, dessen Theilung in der Idee möglich ist. Mathematisch sind die Körper ins Unendliche theilbar, indem man eine jede Grösse, sei sie auch noch so klein, weiter getheilt denken kann. Die physische Theilbarkeit erstreckt sich zwar auch erstaunlich weit, aber nicht ins Unendliche; denn da alle möglichen Theilchen zusammen eine Zahl bilden, und da jede Zahl als solche endlich ist, so muss auch die Theilbarkeit selbst endlich sein.

Da die Elementartheilchen, wenn sie auch noch so klein sind, einen gewissen Raum einnehmen, eine Grösse haben, so muss man ihnen auch eine Gestalt zuerkennen. Gleichwie die Grösse, so ist auch die Gestalt bei verschiedenen Elementartheilchen verschieden. Dieses erhellet deutlich aus der Verschiedenheit der Zusammensetzung und Bildung der Körper, und besonders aus der eigenthümlichen, und nach bestimmten Gesetzen stets regelmässig erscheinenden Form, worin die kristallisirten Körper gebildet und gespalten werden, und ferner aus den Erscheinungen der Polarisation und doppelten Brechung des Lichtes. Dass namentlich die constituirenden Elemente der Gasarten eine verschiedene Grösse haben, dafür spricht unter andern auch die Erscheinung, dass bei mehren von *Döbereiner* angestellten Versuchen das Wasserstoffgas durch sehr feine, kaum sichtbare, in den Glasglocken befindliche Risse drang, dahingegen andere Gasarten, namentlich Sauerstoffgas, Stickstoffgas und seine Verbindung als atmosphärische Luft nicht durchdringen konnten, und dass das Wasserstoffgas auch schneller durch enge Röhren strömt und leichter durch Thierblasen dringt, als andere Gasarten. — Da also die Elemente der verschiedenen Stoffe in Betracht ihrer Grösse, Gestalt und überhaupt ihrer ganzen Natur und Eigenthümlichkeit sehr verschieden sind, so ist es sehr begreiflich, wenn sie sich auf manchfaltige, sehr verschiedene Weise, mehr oder weniger fest und innig mit einander verbinden, so dass die dadurch gebildeten zusammengesetzten Elemente oder Moleculartheilchen ebenfalls in ihrer ganzen Eigenthümlichkeit, und namentlich an Grösse, Gestalt, Dichtheit u. s. w. sehr verschieden sind, und dass demnach auch die aus diesen gebildeten Körper ebenso verschieden an Dichtheit, Festigkeit und andern Eigenschaften sein müssen.

§. 4.

Ueber die Porosität der Körper.

In Betracht des materiellen Gehaltes und innern Gefüges der Körper ist zu bemerken, dass ihr Raum nicht gleichförmig und ebenmässig erfüllt ist, sondern viele kleine Zwischenräume enthält. Man nennt diese kleine Zwischenräume gewöhnlich Poren (pori, von dem griechischen Worte πόρος, das Loch), und daher die erwähnte Eigenschaft der Körper «Porosität.» Unter Poren versteht man in der Regel vorzüglich diejenigen feinen Oeffnungen, welche sich in organischen Gebilden, z. B. in den verschiedenen Holzarten, und in den Knochen und Häuten der Thiere befinden; von diesen aber ist hier keine Rede, sondern nur von denjenigen kleinen Zwischenräumen oder Lücken, welche zwischen den Elementartheilchen, woraus die Körper zusammengesetzt sind, Statt finden. Dass solche feine Zwischenräume wirklich existiren, erhellet daraus, dass alle Körper von andern Stoffen durchdrungen werden können und fast immer eine grössere oder geringere Menge davon wirklich enthalten; so z. B. enthält die Luft immer Wasserdünste und andere Beimischungen; so enthalten alle tropfbaren Flüssigkeiten mehr oder weniger Luft; so sind viele feste Körper, selbst Steine, fähig, tropfbare Flüssigkeiten z. B. Wasser, Oel, Weingeist in sich aufzunehmen; überhaupt enthalten alle Flüssigkeiten und alle starren Körper mehr oder weniger Wärmestoff und können an Umfang zu- oder abnehmen, je nachdem ihre Wärme zu- oder abnimmt, auch können dieselben durch eine gewaltsame Einwirkung von Aussen, z. B. durch Druck oder Schlag in einen kleineren Raum zusammengedrängt werden. Es ist auch sehr einleuchtend, dass die Elementartheilchen der Körper, welche Gestalt und Grösse sie auch immer haben mögen, doch nicht immer in allen Puncten ihrer Oberflächen einander berühren können, sondern immer kleine Zwischenräume oder Lücken übrig lassen müssen. — Die Summe dieser Poren

ist nicht bei allen Körpern gleich, sondern bei einigen sehr gross, bei andern dagegen verhältnissmässig sehr gering. Wenn nämlich die Elementartheilchen der Körper sehr klein und nicht enge und fest mit einander verbunden sind, dann müssen auch die Poren häufiger und grösser sein; und wenn im Gegentheil die Elementartheilchen grösser und innig mit einander verbunden sind, dann müssen auch ihre Zwischenräume kleiner und weniger zahlreich ausfallen. Demnach kann bei gleichem Umfange der Körper die Menge ihrer Materie sehr verschieden sein. Aus diesem Grunde sind bei Beurtheilung des materiellen Gehaltes der Körper Volumen und Masse wohl zu beachten. Unter Volumen versteht man den Umfang, das räumliche Maass des Körpers oder die Grösse des Raumes, welchen er äusserlich einnimmt; und unter Masse versteht man die Menge von Materie, welche darin enthalten ist. Demnach nennt man dichte Körper diejenigen, welche bei einem gewissen Umfange viel Masse oder Materie und wenig freie Zwischräume enthalten; lockere Körper hingegen diejenigen, bei welchen ein entgegengesetztes Verhältniss obwaltet.

Das Volumen der Körper ist übrigens veränderlich, kann sowohl vergrössert als verkleinert werden. Die Körper können nämlich einen grösseren oder kleineren Umfang annehmen, je nachdem ihre Elementartheilchen sich von einander weiter entfernen, oder näher zusammenrücken. Die Zunahme des Volumens der Körper kann davon herrühren, dass die Elementartheilchen derselben entweder durch eine von aussen einwirkende Gewalt von einander gezogen d. h. gezerrt, oder durch einen in ihre Zwischenräume eindringenden andern Stoff, gleichsam wie durch Keile, von einander getrieben werden. Die Abnahme des Volumens der Körper aber kann darauf beruhen, dass ihre Elementartheilchen durch eine von aussen einwirkende mechanische Gewalt enger zusammengepresst werden, oder dass sie vermöge einer gegenseitigen An-

ziehung näher zusammenrücken, was vorzüglich dann geschehen kann, wenn eine andere Materie aus ihren Zwischenräumen entweicht. Demnach sind an den Körpern in Betracht der Veränderungen ihres Volumens mehrere Eigenschaften zu unterscheiden, nämlich: eine Distractibilität, eine Expansibilität, eine Compressibilität, eine Contractivität und eine Expansivität, welche wir in der Folge noch einzeln näher betrachten werden. Bevor wir aber dazu übergehen, dürfte es zweckmässig sein, zuerst noch die verschiedenen Aggregatzustände der Körper und die in ihnen wirksamen Kräfte kennen zu lernen.

§. 5.

Ueber die Attractivität der Körper und ihre verschiedenen Modificationen, als Cohärenz, Adhärenz und Gravitation.

Wenn man einen Körper zertheilen will, so findet man, dass die Theile desselben mit einer gewissen Kraft zusammenhängen. Dieser innere Zusammenhang der Theile, welcher gewöhnlich Cohärenz oder Cohäsion genannt wird, ist nicht bei allen Körpern gleich, sondern bei einigen äusserst stark, bei andern sehr gering oder selbst ganz unmerklich. Daher unterscheidet man drei Hauptzustände oder Formen, in welchen die Materie erscheint, nämlich: 1) Die Starrheit oder Festigkeit (soliditas), 2) die Tropfbarkeit (liquiditas), und 3) die luft- oder gasförmige Flüssigkeit (fluiditas)*). Es ist leicht einzusehen, dass die Cohärenz der Körper auf einer eigenthümlichen Kraft

---

*) Das Wort «Fluidität» scheint mir den Zustand der nicht-tropfbaren, sogenannten elastisch-flüssigen Stoffe am besten zu bezeichnen; weil es gewissermassen schon einen höheren Grad von Feinheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit der Materie andeutet, und weil dann auch der Wärmestoff, der Lichtstoff und die Materie der Elektricität, des Galvanismus und Magnetismus ganz füglich in dieselbe Kategorie gesetzt werden können, wie denn auch die Ausdrücke: «galvanisches Fluid, magnetisches Fluid» bereits sehr gebräuchlich sind.

der Materie beruht, dass die Elemente derselben nicht durch einen Druck von aussen zusammengehalten werden, sondern vermöge einer ihnen inwohnenden eigenthümlichen Kraft sich gegenseitig einander halten und gleichsam anziehen. Daher kann diese Kraft mit Recht Anziehkraft (vis attractiva) genannt und folglich die erwähnte Eigenschaft der Körper mit dem Worte «Attractivität» bezeichnet werden. Die Cohärenz der Körper kann demnach stärker oder schwächer sein, je nachdem die Kraft, womit die Theilchen derselben einander anziehen und festhalten, grösser oder geringer ist. Die Grösse der Anziehkraft ist bei den Elementen verschieder Körper sehr verschieden, was sowohl von den innern Eigenschaften, als auch von der Grösse und Gestalt der einfachen und der zusammengesetzten Elementartheilchen abzuhängen scheint *).

Die Anziehkraft oder Attractivität ist eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Man bemerkt dieselbe nicht nur an den festen, sondern auch an den tropfbarflüssigen Körpern, und selbst an den feinern Stoffen.

Die Anziehung zwischen starren und tropfbarflüssigen Körpern ist eine Erscheinung, die uns täglich vor-

---

*) Die Stärke der Cohärenz ist jedoch auch von der Menge des in den Körpern befindlichen Wärmestoffes abhängig. Da die Elementartheilchen der Körper an Grösse und Anziehkraft sehr verschieden sind, so muss die Summe ihrer Zwischenräume und mithin auch die Menge des in ihnen befindlichen Wärmestoffes sehr verschieden sein. Da nun der Wärmestoff die Elemente der Körper von einander trennt, und ihre Anziehkraft in Anspruch nimmt und einigermaassen beschäftigt, so kann er die gegenseitige Anziehung derselben vermindern. Demnach muss also die gegenseitige Anziehung oder die Cohärenz der Elemente desto geringer sein, je grösser die Menge des in ihren Zwischenräumen befindlichen Wärmestoffes ist. Eine ausführlichere Erörterung dieses Gegenstandes findet sich in §. 18. vom Wärmestoffe.

kömmt. Vermöge dieser Anziehung können tropfbare Flüssigkeiten z. B. Wasser, Alkohol, Oel u. s. w. starre Körper benässen und durchdringen, sich am Rande ihrer Behälter über den Niveau merklich erheben, und in sehr engen Glasröhrchen sogar auf eine beträchtliche Höhe steigen. Die Anziehung zwischen dem Wasser und festen Körpern ist so stark, dass es mit grosser Gewalt in poröse Körper eindringt und dieselben ausdehnt; so z. B. kann man Sandsteine zersprengen, wenn man in dieselben eine Furche ausmeisselt, in diese trockene Holzkeile einschlägt und das Holz alsdann befeuchtet; indem alsdann das Wasser in das Holz eindringt, dasselbe nach und nach ausdehnt und dadurch endlich den Stein zersprengt. Auf dieselbe Weise kann man sogar einen Mühlstein zersprengen, wenn man in das Loch desselben einen Cylinder von trocknem Holze einkeilt und diesen gehörig befeuchtet. Auch kann man ungeheuere Lasten in die Höhe heben, wenn man die Seile, woran sie hängen, mit Wasser benässt; indem diese alsdann dicker und kürzer werden und somit die Last aufheben. — Obgleich das Quecksilber das Glas nicht benetzt und ihm also scheinbar nicht anhängt, so können doch kleine Quecksilberkügelchen, welche man auf eine trockne, reine Glasscheibe wirft, daran haften, so dass sie nicht davon abgleiten oder herunterfallen, selbst dann, wenn man die Glasscheibe umkehrt, so dass also die Anziehung oder Adhärenz hinreicht das ganze Gewicht dieser Kügelchen zu überwinden. Dass das Quecksilber nicht auf dem Glase zerfliesst, kömmt daher, weil die gegenseitige Anziehung der Quecksilbertheilchen viel stärker ist, als die Anziehung zwischen dem Glas und dem Quecksilber, was denn auch die Ursache ist, dass kleine Quantitäten Quecksilber so schöne runde Kügelchen bilden. Jedoch sind die kleinen Quecksilberkügelchen nicht vollkommen rund, sondern an der Stelle, wo sie an dem Glase hängen, gemäss der Kraft, womit sie von demselben angezogen werden, mehr oder weniger abgeplattet.

Dass die tropfbaren Flüssigkeiten eine eigenthümliche Anziehkraft besitzen, erhellet insbesondere auch daraus, dass die Tropfen alle kugelförmig sind, und wenn dieselben in die geringste Berührung mit einander kommen, augenblicklich zusammenlaufen und zu einer Masse sich vereinigen. Auch zwischen verschiedenartige Flüssigkeiten findet eine gegenseitige starke Anziehung Statt. Sie haben meistens eine grosse Neigung sich mit einander zu vermischen, oder auch wohl chemisch zu verbinden, und wenn sie mit einander in Berührung gebracht werden, so vermischen sie sich ihres verschiedenen spezifischen Gewichtes ungeachtet, doch meistens sehr schnell und öfters selbst unter beträchtlicher Wärmeentwickelung, wie z. B. bei der Vermischung von concentrirten Mineralsäuren, Weingeist und Wasser zu geschehen pflegt. Ein sehr schönes Beispiel von gegenseitiger Anziehung und Vereinigung liefert folgendes von *Parrot* mitgetheilte Experiment. Wenn man ein kleines Opodeldokglas mit gutem Weingeist möglichst anfüllt, dann ein Stück in Wasser eingeweichte Rindsblase fest darüber bindet, und das Ganze in Wasser untertaucht, so kann im Verlaufe einiger Stunden eine Menge Wasser die Blase durchdringen, sich mit dem Weingeist vereinigen, und die übergespannte Blase so stark ausdehnen und in die Höhe treiben, dass wenn man sie mit einer Nadel durchbohrt, ein feiner Strahl mehrere Fuss hoch aus dem Glase heraus springt *).

Die Anziehung zwischen der Luft und andern Körpern erkennt man aus vielen Erscheinungen, unter andern z. B. daraus, dass kleine, trockene Theilchen von schweren Körpern z. B. Stein, Eisen, Quecksilber u. s. w. durch die an ihnen adhärirende Luft auf der Oberfläche des Wassers schwimmend erhalten werden können; dass sogar trockene Nähnadeln, wenn sie vorsichtig auf das Wasser gelegt werden, auf demselben schwimmen, selbst

---

*) *Parrot* theor. Phys. II. 331.

wenn sie 0,5 p. Linie dick, 19 Linien lang und 3,5 Gran schwer sind*); ferner, dass kleine Insekten z. B. Spinnen, auf der Oberfläche des Wassers herumlaufen können; und dass bei der Entwickelung von Luft im Wasser kleinere und grössere Luftbläschen sich an die Wände der Gefässe und an andere im Wasser befindliche Körper ansetzen, obgleich sie gemäss ihres viel geringeren spezifischen Gewichtes alle schnell aufsteigen und aus dem Wasser entweichen sollten. — Wenn man ein Stückchen trockenes Holz ins Wasser versenkt, das Ganze unter die Glocke der Luftpumpe bringt und nun die Luft daraus wegpumpt, so entwickeln sich aus dem Holze und aus dem Wasser viele Luftbläschen, welche an dem Holze hängen bleiben, sich auch wohl an die Wände des Gefässes ansetzen. Obgleich nun diese Luftbläschen bei einer hundertfachen Verdünnung gegen 80,000 mal leichter sind, als das Wasser, so werden sie doch durch die Adhäsion an dem Holze wie auch an den Gefässwänden zurückgehalten. Nach *Parrot* beträgt die Kraft, womit ein Luftbläschen von 1 Linie Durchmesser im Wasser aufsteigt, ohne Rücksicht auf die Luftverdünnung, etwa 0,1 Gran, und ihre Adhäsionsfläche etwa $^1/_{18000}$ Zoll, mithin die Stärke der Adhäsion der Luft für einen □ Zoll 1800 Gran **).

Dass auch zwischen der Luft und den tropfbaren Flüssigkeiten eine gegenseitige Anziehung Statt findet, erhellet insbesondere daraus, dass die trofbaren Flüssigkeiten z. B. Weingeist, Wasser, Quecksilber u. s. w. eine beträchtliche Menge Luft enthalten, und wenn man dieselbe durch Auskochen oder mit Hülfe der Luftpumpe grossentheils herausgetrieben hat, nach und nach wieder neue Luft in sich aufnehmen.

Dass die Luft und Feuchtigkeit von andern Körpern, und namentlich auch von Quecksilber sehr stark angezogen

*) *Parrot* theor. Phys. I, 339.

**) *Parrot* theor. Phys. I, 73.

werde, erhellet daraus, dass man die lezten Antheile von Luft und Feuchtigkeit durch keine künstliche Mittel, selbst nicht durch wiederholtes sorgfältiges Auskochen der torricellischen Röhre völlig daraus wegzuschaffen vermag. Und dass auch die Anziehung zwischen der Luft und dem Wasser äusserst stark sei, erhellet daraus, dass man nicht im Stande ist, dem Wasser alle Luft zu entziehen, sondern dass trotz allen Mitteln der Kunst doch immer eine kleine Quantität Luft darin zurückbleibt. *Saussüre*, welcher sich luftfreies Wasser bereiten wollte, verfuhr auf folgende Weise: Er setzte eine mit Wasser gefüllte Flasche offen in ein grössers mit Wasser gefülltes Gefäss, kochte beide 3 Stunden lang, verschloss die ganz gefüllte Flasche noch unter dem Wasser des grösseren Gefässes mit einem Glasstöpsel und stellte sie so umgekehrt in Quecksilber. Er fand jedoch bei der Untersuchung, dass dieses Wasser noch etwas Luft enthalten hatte, welche in den durch das Zusammenziehen des Wassers beim Erkalten entstandenen leeren Raum getreten war, und bei dem Oeffnen der Flasche und Einlassen von Quecksilber eine kleine Luftblase bildete, welche aber bald wieder vermöge der gegenseitigen Anziehung vom Wasser verschluckt wurde *). *Priestley* brachte lufthaltiges Wasser in eine oben zur Kugel erweiterte und mit Quecksilber gefüllte Barometerröhre, stürtzte sie um, brachte das Wasser zum kochen und schüttelte, liess alsdann durch Umkehren der Glasröhre die entwickelte Luft heraus, goss Quecksilber nach, und wiederholte diesen Versuch gegen 30 Mal, und wie oft er ihn auch anstellte, immer entwickelte sich auch etwas Luft, so dass er es für möglich hielt, das Wasser völlig in Luft zu verwandeln. Es wurden auch von andern Physikern verschiedene Versuche angestellt, um das

*) Warum die Luft hier sich aus dem Wasser entwickelt, wird in der Folge noch näher erklärt werden.

Wasser von aller Luft vollkommen zu befreien *), und die Erfahrung lehrte, dass dieses durchaus nicht gelingt, sondern dass immer, auch bei dem sorgfältigsten Auspumpen mit der Luftpumpe, und selbst beim Auskochen in der torricellischen Leere eine kleine Quantität Luft in dem Wasser zurükbleibt.

Dass die Anziehung zwischen dem Wasser und der Luft sehr stark sei, ergibt sich ferner auch daraus, dass das Wasser, wenn es Luft oder andere Gasarten absorbirt, an Volumen kaum oder gar nicht merklich zunimmt; denn hierbei wird die Luft sehr verdichtet, ja sogar fast eben so dicht, als das Wasser selbst, welche, wenn sie durch eine mechanische Zusammenpressung bewirkt werden sollte, nach *Robison* einen Druck von 800 Atmosphären oder von einer 22,400 Zoll hohen Quecksilbersäule erfordern würde **).

Dass die Luft an und für sich auch eine Anziehkraft besitze, wird durch die gegenseitige Anziehung ihrer kleinsten Theilchen oder Molecüle augenscheinlich bewiesen. Wir sehen nämlich, dass die Luftblasen in den tropfbaren Flüssigkeiten und auf der Oberfläche derselben immer kugelförmig rund erscheinen; ferner, dass bei der Auflösung des weissen Zuckers in Wasser oder des Zinks in verdünnter Schwefelsäure, kleine Luftbläschen mit kleinen Stückchen Zucker oder Zink beladen, in der Flüssigkeit aufsteigen, und durch das Gewicht der ihnen anhängenden Last nicht zerrissen, sondern nur länglich gezogen werden; und endlich dass die Luftblasen, wenn sie auf der Oberfläche der tropfbaren Flüssigkeit nur wenig von einander entfernt sind, sich gegenseitig einander nähern, zusammenschwimmen und sich mit einander zu einer einzigen grösseren Blase vereinigen. — Dass

*) Viele Versuche der Art finden sich zusammengestellt in *Gehler's* phys. Wörterbuch (neu bearbeitet) Art. Absorption.

**) Ebendaselbst. Bd. I. S. 205.

auch zwischen der atmosphärischen Luft und andern Gasarten eine gegenseitige Anziehung Statt findet, dafür spricht die Erscheinung, dass dieselben sich gern gleichförmig mit einander vermischen, und dass Thierblasen, wenn man sie mit Gasarten gefüllt und frei aufgehangen hat, nach zwei bis drei Tagen schon atmosphärische Luft enthalten.

Da nun alle Körper, wovon bisher die Rede war, eine Anziehkraft besitzen und sich gegenseitig einander anziehen, so lässt sich wohl annehmen, dass bei jeder Anziehung, die sich uns zur Beobachung darbietet, eine gegenseitige Einwirkung Statt finde, und dass die dabei betheiligten Körper oder Stoffe sich sowohl activ als passiv verhalten, d. h. dass sie ebensowohl selbst andere Körper anziehen, als auch von denselben angezogen werden, wenn gleich die Stärke der Anziehung auf beiden Seiten sehr ungleich sein kann. Demnach müssen wir auch dem Wärme- und Lichtstoffe eine Attractivität zuerkennen, weil sie von den andern Körpern angezogen werden. Unter andern Phänomenen, welche diese Anziehung beweisen, verdient besonders bemerkt zu werden, dass die Wärme sehr leicht die andern Körpern durchdringt und sich vorzüglich in den schweren, dichten Körpern, z. B. in den Metallen, schnell verbreitet; dass die Wärme- und Lichtstrahlen der Sonne, wenn sie in die Atmosphäre der Erde schief eindringen, nicht in ihrer anfänglichen Richtung gerade fortgehen, sondern nach und nach immer mehr von den dünnern Luftschichten zu den dichtern hingelenkt, und sofort selbst zur Erdoberfläche geleitet werden, woher es denn auch kömmt, dass wir die Sonne wie auch den Mond bei dem Aufgange schon zu einer Zeit wahrnehmen, wo diese Himmelskörper sich noch unter der Linie unseres Horizontes befinden; ferner, dass die Sonnenstrahlen, wenn sie bei ihrem Durchgange durch die Luft andere feste Körper berühren oder durchdringen, gemäss der stärkeren Anziehung derselben von ihrer an-

fänglichen Richtung mehr oder weniger abgelenkt werden und sich dabei nach der Dichtheit, wie auch der äussern Form und Oberfläche der Körper richten; dass sie z. B. durch erhaben geschliffene Gläser einwärts, gegen die hervorragende Mitte gelenkt, also convergent gebrochen und somit mehr concentrirt werden, durch hohle Gläser aber auswärts, gegen den erhabenen Rand abgelenkt, also divergent gebrochen und somit mehr zerstreut werden; ebenso kann man einen Lichtstrahl, welcher durch eine kleine Oeffnung im Fensterladen in eine ganz dunkele Kammer fällt, von seiner eigentlichen Richtung nach verschiedenen Seiten ablenken, wenn man denselben auf der einen oder der andern Seite mit einem festen Körper in Berührung treten und also dicht daran vorbeistreifen lässt. — Man darf überhaupt keinem Stoffe die Attractivität absprechen; denn es ist nicht anzunehmen, dass die Anziehkraft blos in einer besondern Beschaffenheit der Elementartheilchen der meisten Körper und Stoffe beruhe, sondern, dass sie überhaupt aller Materie als solcher eigenthümlich sei.

Einfluss der Luft auf die gegenseitige Anziehung der andern Körper.

Da jede Materie, als solche, eine Anziehkraft besitzt, so können alle festen Körper wie auch alle Flüssigkeiten, welche mit einander in Berührung stehen, sich gegenseitig einander anziehen und festhalten. So wird z. B. die Luft von allen Körpern und Flüssigkeiten, womit sie in Berührung steht, beträchtlich angezogen. Da nun die Luft die Anziehkraft derjenigen Körper, von welchen sie angezogen wird, in Anspruch nimmt und sie einiger Maassen beschäftigt, so lässt sich wohl mit Sicherheit folgern, dass zwei Körper, deren Oberflächen mit der Luft in Berührung und Wechselwirkung stehen, sich gegenseitig nicht mit ihrer ganzen Anziehkraft, sondern nur mit einem Theile derselben anziehen, dass ihre gegenseitige Anziehung

desto geringer sein muss, je grösser die von ihnen angezogene Luftmenge ist, und dass sie im Gegentheil einander verhältnissmässig stärker anziehen können, wenn die in ihrem Zwischenraume befindliche Luftmenge vermindert oder ganz entfernt wird. Die Richtigkeit dieser Folgerung, welche schon an und für sich klar und unzweifelhaft ist, wird auch durch die Erfahrung bestättigt, dass die tropfbaren Flüssigkeiten in den Haarröhrchen unter der ausgepumpten Glocke der Luftpumpe leichter aufsteigen, als in der freien Luft; ferner dadurch, dass die Elektricität um so leichter von einem Körper zum andern überspringt, und die Schlagweite des Funkens um so grösser erscheint, je mehr die Luft zwischen denselben verdünnt ist, und dass ein elektrischer Körper im luftleeren Raume seine Elektricität fast augenblicklich verliert*). — Dass die gegenseitige Anziehung zweier Körper zunimmt, wenn die Luft in ihrem Zwischenraume vermindert wird, dafür spricht auch die Erscheinung, dass die Anziehung zwischen dem Quecksilber und dem Glase in der torricellischen Leere viel stärker ist, als in freier Luft, dass die Oberfläche des Quecksilbers, welche sonst in freier Luft und in weniger sorgfältig gefertigten Barometern immer convex erscheint, in sehr gut ausgekochten Barometerröhren sich concav gestaltet, indem das Quecksilber ringsum an den Glaswänden sichtbar adhärirt. Zahllose beim Auskochen der Barometer angestellte Beobachtungen haben entschieden, dass die Entfernung der Luft und Feuchtigkeit die sogenannte Capillardepression zwischen Glas und Quecksilber aufhebt, wesswegen denn auch das Auskochen der Barometer als eine unerlässliche Bedingung ihrer Genauigkeit aufgestellt worden ist. Es wurde auch schon von *Hauy*, *Bellain* und Andern angenommen, dass die dem Quecksilber an-

*) *Baumgartner's* Naturlehre S. 560.

hängenden Theile von Luft und Feuchtigkeit im Stande seien, seine Adhärenz am Glase aufzuheben.

Da die Luft die Anziehkraft derjenigen Körper, womit sie in Berührung steht, in Anspruch nimmt, und einiger Massen beschäftigt, und da sie auch leicht zwischen andere Körper eindringen kann, so ist sie im Stande, die gegenseitige Anziehung derselben beträchtlich zu mindern, auch wohl selbst ihre Adhärenz unter gewissen Umständen aufzuheben. Verschiedene Körper können desto stärker einander anziehen und festhalten, je inniger sie sich berühren, und je vollkommener die Luft von ihren Berührungsflächen ausgeschlossen ist; und im Gegentheil muss die Adhärenz derselben desto geringer sein, je unvollkommener sie sich gegenseitig berühren, je mehr Luft zwischen derselben sich befindet, oder je leichter die Luft zwischen ihre Berührungspuncte eindringen kann; weil diese alsdann einen grossen Theil ihrer Anziehungskraft in Anspruch nimmt. Die Körper, welche sich gegenseitig nur sehr wenig, oft kaum merklich anziehen, so lange noch Luft dazwischen ist oder leicht einschleichen kann, zeigen eine beträchtlich starke Anziehung und Adhärenz, sobald sie in eine recht innige Berührung gebracht worden sind. So kann z. B. das Quecksilber und Zinn, welches bei freiem Zutritt der Luft nur sehr wenig an dem Glase haftet, beträchtlich stark adhäriren, wenn sie mit demselben in eine genaue Berührung gebracht werden, so dass alle Luft von ihren Berührungsflächen ausgeschlossen wird, wie es z. B. bei der Fertigung der Spiegel geschieht. Wenn man nämlich eine Zinnfolie mit reinem Quecksilber gleichmässig benässt, dann auf diese Fläche Fliesspapier und über dieses eine trockene, reine Spiegelglasplatte legt, dann durch langsames Wegziehen des Papiers den Schmutz vom Quecksilber entfernt, und hierauf die Glasplatte fest und gleichmässig andrückt, so bleibt das Quecksilber und Zinn fest am Glase hängen und erscheint sofort als Folie des Spiegels. Gold und

Silber, welches an dem Stahle gar nicht adhärirt, so lange noch etwas Luft dazwischen ist, kann ebenfalls dauerhaft mit demselben verbunden werden, wenn es mit ihm in eine recht innige Berührung gebracht und alle Luft von ihren Berührungsflächen ausgeschlossen wird. Wenn man nämlich den Stahl blos eben schabt (nicht eigentlich polirt), dann ein Blättchen Gold oder Silber darüber legt, einen Punzen darauf setzt, und diesem mit einem schweren Hammer einen starken Schlag gibt, so wird das Gold oder Silber so fest, dass es sich nicht mehr von dem Stahle wegwischen oder abreiben lässt. — Diejenigen Körper, welche sich gegenseitig berühren, können nicht stark an einander haften, wenn die Luft leicht dazwischen eindringen und die Anziehkraft derselben in Anspruch nehmen kann. Aus diesem Grunde haftet eine Glas- oder Marmorplatte an der Oberfläche des Wassers nur mit einer geringen Kraft, welche für jeden □ Zoll der Berührungsfläche einem Gewichte von ungefähr 55 Gran gleich kömmt; denn wenn die Platte ein wenig aufgehoben wird, so muss das adhärirende Wasser sogleich davon ablassen, weil alsdann die Luft augenblicklich von allen Seiten dazwischen eindringt und somit die Berührung und gegenseitige Anziehung der Platte und der Wasseroberfläche aufhebt. Die Adhärenz des Wassers würde auch stärker erscheinen, wenn dasselbe ein grösseres Gewicht hätte, so dass die an der Platte adhärirende Wassermasse nicht so leicht über den Niveau gehoben werden könnte. Beträchtlich stärker ist die Adhärenz zwischen Quecksilber und andern Metallen. *Guyton Morveau*, welcher aus verschiedenen Metallen runde Platten von einem Zoll Durchmesser machen liess, fand die Kraft, womit sie an der Oberfläche des Quecksilbers adhärirten, wie folgende Tabelle zeigt. Die Adhärenz betrug nämlich: bei dem

Eisen	115	Gran
Spiessglanz	126	»
Kupfer	142	»

Zink	204	Gran
Wismuth	372	»
Blei	397	»
Zinn	418	»
Silber	429	»
Gold	446	»

Starre Körper können beträchtlich stärker an einander haften, wenn ihre Berührungsflächen recht eben und glatt geschliffen und überdiess mit etwas Wasser oder Oel befeuchtet sind; weil hier die Luft nicht so leicht dazwischen eindringen kann, als zwischen einem starren und einem tropfbaren Körper. Die Flüssigkeit zwischen den Platten dient vorzüglich dazu, die kleinen Unebenheiten und Vertiefungen, welche selbst auf den glattesten Flächen sich finden, auszufüllen und die Luft davon zu entfernen, so dass die Körper, wenn sie mit ihren glatten Oberflächen zusammengefügt werden, sich gegenseitig theils mittel- theils unmittelbar einander stärker anziehen und festhalten können, und die Luft nicht so leicht zwischen sich eindringen lassen. Nach den Versuchen von *Link* betrug die Adhärenz einer messingenen Platte von 2 Zoll Durchmesser an der Oberfläche des Wassers 214 Gran

auf mit Wasser benässtem			Glas	475	»
»	»	»	Zink	920	»
»	»	»	Kupfer	1000	»

Nach andern Versuchen können zwei eben und glatt geschliffene Glas- oder Marmorplatten so fest an einander haften, dass für jeden □ Zoll der Berührungsfläche ein Gewicht von 2500 Gran erfordert wird, um dieselben senkrecht von einander zu reissen. In den Versuchen, welche *Muschenbroek* anstellte, betrug die Adhärenz metallener Cylinder von 1,916 Zoll Rh. Durchmesser

bei der Befeuchtung		mit Wasser	12	Unzen
»	»	mit Rüböl	18	»
»	venetianisch.	Terpentinöl	24	»

Viel fester noch haften solche glattgeschliffene Körper an einander, wenn sie erwärmt, mit flüssig gemachtem Unschlitt, Wachs, Colophonium oder Pech bestrichen worden und wieder erkaltet sind; weil die Theilchen dieser Substanzen sowohl unter sich, als auch mit den erwähnten festen Körpern stärker zusammenhängen und daher die Luft nicht so leicht dazwischen eindringen lassen. Bei den Versuchen, welche *Muschenbroek* mit verschiedenen Cylindern von 1,916 Zoll Rh. Durchmesser anstellte, indem er sie bis zur Siedhitze des Wassers erwärmte, mit Unschlitt bestrich, dann erkalten liess und durch angehängte Gewichte senkrecht von einander riss, betrug die Adhärenz

der Cylinder	aus	Zinn	100	Pfund
»	»	Wismuth	100	»
»	»	Elfenbein	108	»
»	»	Silber	125	»
»	»	Glas	130	»
»	»	Messing	150	»
»	»	rothem Kupfer	200	»
»	»	gehärtetem Stahl	225	»
»	»	weissem Marmor	225	»
»	»	schwarzem Marmor	230	»
»	»	Blei	275	»
»	»	weichem Eisen	300	»

Dieselben Cylinder hafteten noch viel fester an einander, wenn man sie so erhitzte, dass das auf ihre Berührungsflächen gestrichene Unschlitt sogleich ins Sieden und Wallen gerieth, und dieselben nun genau zusammenfügte und kalt werden liess; so z. B. betrug die Adhärenz nach *Muschenbroeks* Angabe *)

bei den Cylindern	aus	Silber	250	Pfund
»	»	Glas	300	»

*) Grundlehren der Naturwissenschaft von *Muschenbroek* (deutsch von *Gottscheden*. Leipzig, 1747.) S. 292 — 295.

bei den Cylindern	aus	weissem Marmor	600	Pfund
»	»	Messing	800	»
»	»	rothem Kupfer	850	»
»	»	Eisen	950	»

Diese Cylinder hafteten nach dem erwähnten Verfahren stärker an einander, weil durch die grössere Hitze die Luft sowohl aus dem Unschlitte selbst, als auch von der Oberfläche der Cylinder vollkommener entfernt wurde und dieselben auch inniger zusammengefügt werden konnten. Die Adhärenz war übrigens noch beträchtlich stärker, wenn anstatt des Unschlittes Colophonium oder Pech zum Bestreichen der Berührungsflächen gebraucht wurde; denn die Adhärenz derjenigen Cylinder, welche bei der Anwendung des Unschlittes mit einer Kraft von 800 Pfund zusammenhingen, betrug

bei der Anwendung des Colophoniums	850	Pfund
und bei dem Gebrauche von Pech	1400	»

Die Ursache davon ist, weil die Theilchen des Colophoniums und des Peches sowohl unter sich, als auch mit den Berührungsflächen der Cylinder viel inniger und fester zusammenhängen, als die des Unschlittes, und daher auch die Luft viel schwerer eindringen lassen.

In den festen Körpern hängen die von Natur vereinigten Elementartheilchen, wie auch die grösseren Stücke noch viel fester zusammen, und zwar nur desshalb, weil sie in einer viel innigeren Berührung mit einander stehen, so dass sie nur sich selbst gegenseitig anziehen und keine andere Materie leicht dazwischen treten kann. Nach der Angabe von *Muschenbroek* *) wurden verschiedene von Holz gefertigte, wie auch aus Metall gegossene Parallelepipeda, wovon jede Seite im Querdurchmesser 0,17 Zoll Rh. betrug, mit einem Ende in senkrechter Richtung befestigt und durch unten angehängte Gewichte zerrissen, wie folgende Uebersicht zeigt:

---

*) Cours de phys. experim. et math. par *P. van Muschenbroek*, (Leyde, 1769). Tom. II, pag. 97 — 101.

Fichtenholz	zerriss	von	306	Pfund
Tannenholz	»	»	333	»
Holunderholz	»	»	400	»
Pflaumenholz	»	»	444 bis 500	»
Weidenholz	»	»	500	»
Ulmenholz	»	»	528	»
Erlenholz	»	»	555	»
Buchenholz	»	»	693	»

Goslarisches Zink	zerriss	von	76 bis 83	Pfund
Wismuth	»	»	85 » 92	»
englisches Zinn	»	»	150 » 188	»
japanisches Kupfer	»	»	573	»
feines Gold	»	»	578	»
Kapellensilber	»	»	1156	»
deutsches Eisen	»	»	1930	»

Die Cohärenz der Metalle erschien noch grösser, wenn dieselben vorher etwas gehämmert und dadurch ihre Theilchen noch näher und inniger zusammengebracht worden waren. — Wenn ein fester Körper zerbrochen worden ist, und nun die Stücke mit ihren entsprechenden Bruchflächen wieder so genau als möglich zusammengefügt werden, so halten sie nicht mehr fest an einander, und zwar desshalb, weil die einander gegenüberstehenden Theilchen derselben sich bei weitem nicht mehr so genau und innig berühren, als vorher, und weil dann auch die Luft, (oder eine andere Flüssigkeit, wenn man den Versuch in einem anderen Medium anstellt), leicht dazwischen treten und die gegenseitige Anziehung und Berührung derselben aufheben kann, wie wir vorhin bei verschiedenen andern Körpern gesehen haben.

Aus der ganzen Betrachtung ergibt sich als Resultat: 1) dass verschiedene Materien oder Körper nur bei einer innigen Berührung sich gegenseitig stark anziehen und festhalten können, und 2) dass diejenigen Materien oder

Körper, welche in einer innigen Berührung und Wechselwirkung stehen, nur dann einander loslassen, wenn eine andere Materie dazwischen kömmt und die Anziehungskraft derselben in Anspruch nimmt.

Auf dem ersten Grundsatze beruht die von Natur erfolgende Bildung der festen Körper des Mineral-, Pflanzen- und Thierreiches; denn die verschiedenen constituirenden Theilchen vereinigen sich anfangs in einem Zustande von Flüssigkeit und werden erst später starr und fest, indem die die Flüssigkeit bedingende Materie (z. B. der Wärmestoff oder das Wasser) aus ihren Zwischenräumen entweicht und sie nun noch näher zusammenrücken und sich inniger an einander anschliessen. Auf dem nämlichen Princip beruht auch das Brennen der Ziegeln, Backsteine, der irdenen Geschirre und überhaupt jede durch Kunst bewirkte Verbindung verschiedener Körper, wie z. B. das Leimen, Kitten, Belegen der Spiegel, das Zusammenschmieden (Anschweissen), das Löthen, Verzinnen, Versilbern, Vergolden u. s. w.; indem die verschiedenen zu verbindenden Theile in eine recht innige Berührung mit einander gebracht werden müssen. Auf dem zweiten obenerwähnten Grundsatze beruht das Schmelzen und Auflösen der starren Körper, wie auch jede physische und chemische Scheidung, indem es hierbei blos darauf ankömmt, dass zwischen die zu trennenden Körper oder Elementartheilchen eine andere Materie eindringt, welche die Anziehkraft des einen oder andern Körpers oder der Elementartheilchen in Anspruch nimmt, und dadurch die gegenseitige Anziehung und Cohärenz derselben sehr vermindert oder auch gänzlich aufhebt.

Gravitation. Die Körper äussern ihre Anziehungskraft nicht bloss bei der gegenseitigen Berührung, d. h. durch Flächenanziehung, Cohärenz und Adhärenz, sondern sie können auch in die Ferne wirken, so dass sie gegen einander streben, sich gegenseitig zu nähern und mit einander zu vereinigen trachten. Diese Wirkung in die Ferne wird

Gravitation genannt. Vermöge einer solchen Anziehung können verschiedene Körper sich wirklich einander nähern, wenn sie nicht zu weit von einander entfernt und die Hindernisse ihrer Bewegung nicht zu gross sind. Legt man z. B. zwei hohle Glaskügelchen oder Stückchen Kork u. dgl. auf die Oberfläche des Wassers eine bis zwei Linien weit von einander, so nähern sie sich gegenseitig und zwar um so schneller, je grösser diese Körperchen und je weniger sie von einander entfernt sind. Während bei der Co- und Adhärenz die Stärke der Anziehung hauptsächlich von der Menge der Berührungspuncte der Körper abhängt, richtet sich dieselbe bei der Anziehung in die Ferne vorzüglich nach der Grösse der Masse; denn, da jedes materielle Theilchen in die Ferne wirkt, so muss die Anziehung um so stärker sein, je grösser die Menge derselben ist, so dass die Stärke der Anziehung in einem geraden Verhältnisse steht mit der Masse der Körper. Mit zunehmender Entfernung nimmt die Stärke der Anziehung ab; theils weil die Körper von Natur schon in der Nähe stärker wirken, als in der Ferne, theils auch, weil die in dem Zwischenraume befindliche Luftmasse (oder jede andere Flüssigkeit als Medium) die Anziehungskraft der betreffenden Körper in Anspruch nimmt, gewisser Massen beschäftigt, und somit die gegenseitige Anziehung derselben vermindert. Die gegenseitige Anziehung zweier Körper muss also schwächer oder stärker sein, je nachdem ihr Zwischenraum und die Menge der in demselben befindlichen Luft (oder einer andern Materie) grösser oder kleiner ist, und die Anziehkraft der beiden Körper mehr oder weniger in Anspruch nimmt. — Der Wirkungskreis der Anziehkraft beschränkt sich nicht auf eine geringe Entfernung, sondern kann, da er immer der Grösse der anziehenden Massen direct proportional ist, bei ungeheuren Massen sich auch unermesslich weit erstrecken. Die Anziehung der Erdkugel ist Ursache, dass alle ihre Theile nach dem Mittelpuncte derselben streben, d. h. schwer

sind, und dass jeder in die Höhe geschleuderte Körper, z. B. ein Stein, wieder herunterfällt. Die Anziehung der Erde zwingt den Mond beständig in einer kreisförmigen Bahn um dieselbe herumzulaufen, und die Anziehung des Mondes dagegen ist vorzüglich Ursache, dass auf der Erde die Ebbe und Fluth des Meeres Statt finden. Ebenso werden auch alle Planeten durch die Anziehung der Sonne genöthigt, fortwährend in kreisförmigen Bahnen um dieselbe herumzulaufen, und sie müssten vermöge der gewaltigen Anziehung selbst in die Sonne stürzen, wenn sie nicht durch ihre Schwungkraft beständig in ihren Bahnen fortgetrieben und mithin von der Sonne gehörig entfernt gehalten würden. — Diese Weltkörper könnten durch ihre Anziehung bei weitem nicht so stark und so weit in die Ferne wirken, wenn der ganze Weltraum mit einer so dichten Luft, wie die unserer Atmosphäre ist, oder mit einem noch dichteren Medium angefüllt wäre. *Newton*, welcher zuerst die gegenseitige Einwirkung der Weltkörper berechnet und näher bestimmt hat, stellte als Resultat seiner Forschung den Satz auf: dass die Stärke der Anziehung abnimmt, in dem Verhältnisse, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Dieses Gesetz mag wohl in einem ganz leeren Raume oder bei einer gleichmässig dichten Luft vollkommen gültig sein; ob es aber auch für ein Medium von verschiedener Dichtheit, wie z. B. unsere Atmosphäre und die wahrscheinlich durch den ganzen Weltraum verbreitete äusserst dünne Luft ist, ganz richtig sei, lässt sich wohl bezweifeln, obgleich man dasselbe bei der Berechnung der gegenseitigen Anziehung und Bewegung der Weltkörper als Grundlage annehmen kann, ohne einen erheblichen Fehler zu machen.

§. 6.

Ueber das spezifische Gewicht der Körper.

Auf der Erde streben alle Körper nach dem Mittelpuncte derselben, wie wir so eben gefunden haben. Dieses

Streben ist aber nicht bei allen Körpern verhältnissmässig gleich, sondern bei einigen schwächer, bei andern stärker, was nach dem Drucke, welchen sie auf ihre Unterlage ausüben, leicht zu bemessen ist. So wiegt z. B. der Diamant 3 Mal, der Stahl 7, das Blei 11, das Quecksilber 14, das Platin 21 Mal so viel, als ein gleiches Volumen Wasser, welches selbst wieder ungefähr 800 Mal schwerer ist, als die atmosphärische Luft. Jeder Körper hat also ein eigenthümliches Gewicht, welches daher Eigengewicht oder spezifisches Gewicht genannt worden ist. Diese Verschiedenheit des Gewichtes beruht ohne Zweifel auf der eigenthümlichen Natur und Beschaffenheit der einzelnen Körper. Sie richtet sich nicht nach der Stärke, womit die Elementartheilchen der Körper gegenseitig einander anziehen, wie schon daraus hervorgeht, dass das Quecksilber viel mehr wiegt als der Diamant, obgleich die Theilchen desselben einander viel stärker anziehen, unvergleichlich fester cohäriren, als die des Quecksilbers.

Diejenigen Naturforscher, welche annehmen, dass die Elementartheilchen der Körper alle unendlich klein, und von gleicher Grösse, Beschaffenheit und Schwere seien, sind nicht im Stande, die Verschiedenheit des spezifischen Gewichtes zu erklären. Denn, gemäss dieser Annahme müsste ein Körper verhältnissmässig grössere oder kleinere Zwischenräume enthalten, je nachdem er leichter oder schwerer ist; so müsste z. B. der Diamant beinahe fünfmal so grosse Zwischenräume enthalten, als das Quecksilber; dieses aber lässt sich nicht annehmen, zumal wenn man erwägt, dass die Elementartheilchen des Diamanten unvergleichlich stärker an einander haften, als die des Quecksilbers, und dass diese Flüssigkeit eine beträchtliche Menge Luft und Wärmestoff enthält. Nach dieser Hypothese könnte der möglich schwerste Körper seinen Raum höchstens nur zur Hälfte erfüllen, da die Lücke zwischen zweien Atomen doch nicht kleiner sein könnten als ein Atom;

wäre nun z. B. das Platin der möglichst schwerste Körper, was indessen Niemand behaupten wird, so müsste der Diamant fast sieben Mal so viel leeren Raum als Materie enthalten. Dieses aber lässt sich durchaus nicht annehmen, zumal wenn man erwägt, welche ungeheuere Härte der Diamant besitzt, und welche Dichtheit und Glätte er an seiner geschliffenen Oberfläche zeigt. — Viel wahrscheinlicher ist es, dass alle Materie, als solche, gleich schwer, dass aber die Beschaffenheit, Grösse und Gestalt der Elementartheilchen sehr verschieden sei, und dass das verschiedene Gewicht der Körper von einer verschiedenen Dichtheit derselben herrühre. Denn wenn man erwägt, dass die Dichtheit und Beharrlichkeit der Körper sehr verschieden ist, wie früher schon gezeigt worden ist (§. 2 u. 4.), und dass dieselben vermöge der Gravitation beständig gegen den Mittelpunct der Erde streben, so ist es sehr begreiflich, dass derjenige Körper, welcher am meisten Materie enthält und daher am meisten Beharrungsvermögen besitzt, auch am stärksten zur Erde streben und mithin das grösste Gewicht haben müsse; und dass im Gegentheil derjenige Körper, welcher die geringste Dichtheit und das schwächste Beharrungsvermögen besizt, auch am wenigsten zur Erde streben und demnach das geringste Gewicht haben müsse. Bei einer näheren Untersuchung und Vergleichung der Körper ergibt sich auch, dass bei denselben das Gewicht sich wirklich gerade so verhält, wie das Beharrungsvermögen, d. h. dass die Körper mehr oder weniger wiegen, je nachdem ihr Beharrungsvermögen grösser oder kleiner ist. — Man könnte sich vielleicht hierdurch versucht fühlen, das Beharrungsvermögen selbst von der Schwere abzuleiten; dieses aber wäre ganz unrichtig, und es lässt sich auch nachweisen, dass das Beharrungsvermögen dem Wesen nach von der Schwere durchaus verschieden ist. Denn die Schwere ist das Streben der Körper sich dem Mittelpuncte der Erde zu nähern; das Beharrungsver-

mögen aber ist das Vermögen der Körper in dem Zustande der Ruhe oder Bewegung, worin sie sich eben befinden, fortwährend zu verharren. Die Verschiedenheit beider Fähigkeiten lässt sich auch an den Körpern bei verschiedenen Erscheinungen in der Bewegung und Ruhe deutlich erkennen. Bei einem Stein z. B. welcher vertikal in die Höhe geworfen wird, äussert sich das Beharrungsvermögen in dem senkrechten Aufsteigen desselben, während die Schwere den Stein beständig lothrecht zur Erde zu treiben strebt, und sich erst dann vollends wirksam zeigt, wenn der Stein die ihm anfangs mitgetheilte Wurfkraft und aufsteigende Bewegung ganz eingebüsst hat und nun wieder zur Erde zurückfällt. Bei dem Niederfallen des Steines tritt auch sein Beharrungsvermögen nach und nach wieder mehr hervor, befördert die durch die Schwere hervorgebrachte absteigende Bewegung des Steines und bewirkt dadurch, dass derselbe während des Niederfallens mit jedem Momente an Schnelligkeit immer mehr zunimmt. Das Beharrungsvermögen kann sich als Schwungkraft auf eine manchfaltige Weise und in jeder beliebigen Richtung wirksam äussern, während die Schwere, als eine Centripetalkraft, sich nur in einer einzigen Richtung wirksam zeigt. So kann ein mit einer grossen Gewalt fortgeschleuderter Körper, z. B. eine Kanonenkugel, gemäss ihres Beharrungsvermögens einige Zeit hindurch in horizontaler Richtung fortfliegen, und später, wenn die ihr mitgetheilte Wurfkraft nach und nach schwächer und dagegen die Einwirkung der Schwere allmählig relativ stärker wird, die Diagonale beider Richtungen verfolgen und daher eine nach der Erde gerichtete Bogenlinie beschreiben. Hieraus erhellet also deutlich, dass das Beharrungsvermögen der Körper nicht von der Schwere abgeleitet werden kann, sondern von derselben wesentlich verschieden ist.

§. 7.

Untersuchung, ob die Körper nebst ihrer Anziehkraft auch eine wesentliche Abstosskraft besitzen.

Hier bietet sich uns die Frage dar: Gibt es neben der Anziehkraft in den Körpern zugleich auch eine Abstosskraft, wie von Atomisten sowohl als von Dynamikern behauptet wurde? Hierauf ist zu antworten, dass wir keinen hinreichenden Grund haben dieses anzunehmen, was nun gezeigt werden soll. —

Alle Körper besitzen, wie wir bereits (§. 5.) gesehen haben, eine Anziehkraft, indem eine gegenseitige Anziehung nicht nur zwischen den Elementartheilchen eines jeden Körpers, sondern auch zwischen ganz verschiedenen Körpern Statt findet. Eine eigentliche Abstosskraft aber ist bis jetzt in der That noch bei keinem Körper nachgewiesen worden; denn wir kennen nicht einen einzigen Körper, dessen Theile sich selbst gegenseitig immer abstossen, oder von den andern Körpern abgestossen werden. Das Abstossen, welches man bei gleichnamig elektrischen Körpern wahrnimmt, kann nicht als Gegenbeweis dienen; denn hiergegen ist zu bemerken, erstens, dass dieses nur eine einzeln dastehende Erscheinung besonderer Art ist, welche hier um so weniger entscheiden kann, da auch die durch die Elektricität bewirkte Anziehung von der gewöhnlichen Anziehung, über die wir bisher gesprochen haben, durchaus verschieden ist; zweitens ist zu erwiedern, dass die elektrische Materie von den andern Körpern nicht abgestossen, sondern vielmehr angezogen wird, wie allgemein anerkannt ist; und endlich drittens, dass selbst die Erscheinung des Abstossens zwischen gleichnamig elektrischen Körpern eigentlich nicht als die ursprüngliche und primäre Wirkung einer wesentlichen Abstosskraft der Elektricität oder der elektrischen Körper zu betrachten ist, sondern als eine indirekte oder secundäre Wirkung, welche ursprünglich von einer Anziehung herrührt, was sich auch ganz leicht

und einfach erklären lässt, wie nun noch näher gezeigt werden soll.

Die elektrische Materie wird von allen Substanzen, ohne Ausnahme, mehr oder weniger angezogen und fortgeleitet, so dass jeder elektrisirte Körper beständig einen Verlust an Elektricität erleidet, indem ihm sowohl durch die isolirenden Träger, als auch durch die Luft fortwährend elektrische Materie entzogen wird. Je feuchter die Luft ist, um so leichter und schneller kann sie die elektrische Materie anziehen und fortleiten, und zwar ist diese Fortleitung bei grosser Feuchtigkeit der Luft so stark, dass man selbst vermittelst der Elektrisirmaschine keine beträchtliche Elektricität hervorzubringen vermag. Aber auch ganz trockene Luft ist im Stande, die elektrische Materie andern Körpern nach und nach zu entziehen, und zwar dadurch, dass rings um den elektrisirten Körper beständig eine Strömung in der Luft Statt findet, ein Umstand, welcher bisher von den Naturforschern nicht gehörig beachtet worden ist.

Da nämlich die Elektricität in einige Entfernung wirkt, und da zwischen der Luft und der elektrischen Materie eine gegenseitige Anziehung Statt findet, so wird die Luft als leicht bewegliche Flüssigkeit zu dem Träger der elektrischen Materie, d. h. zu dem elektrisirten Körper hinbewegt. Sobald die Luft durch die Berührung dieses Körpers gleichnamig elektrisch geworden ist, so wird sie nicht mehr angezogen, sondern durch andere, neu hinzuströmende Luft verdrängt und fortgetrieben, welche sodann ebenfalls, nachdem sie jenen Körper berührt und elektrische Materie aufgenommen hat, sogleich wieder von der nachfolgenden Luft verdrängt und fortgetrieben wird. Je stärker die Elektricität jenes Körpers ist, um so mehr wirkt sie in die Ferne und um so stärker erscheint diese Strömung der Luft, und sie wird nach und nach langsamer, an Intensität und Extensität geringer, so wie die Elektricität jenes Körpers abnimmt. Diese Strömung der Luft äussert sich besonders dadurch, dass sie, wenn ein

elektrisirter Körper dem Gesichte oder einem andern empfindlichen Theile des menschlichen Körpers genähert wird, in demselben das Gefühl erzeugt, als wenn ein Spinnengewebe darüber ginge, ferner, dass bei dem Ausströmen der elektrischen Materie aus den Spitzen eines isolirten Leiters ein merkliches Geräusch Statt findet, und dass man zugleich durch das Gefühl eine Bewegung in der Luft wahrnimmt, wie ein Blasen, welches immer von den Spitzen ausgeht. Am stärksten aber erscheint diese Luftströmung bei den gewaltigen elektrischen Prozessen, welche in der Atmosphäre Statt finden, wo sie öfters als heftiger Sturm, und namentlich bei den sogenannten Wasser- und Windhosen als heftiger Wirbelwind beobachtet wird, wie ich auch bereits in meiner Schrift über das Weltsystem*) ausführlicher erklärt habe. — Die Luft, welche demnach von dem elektrisirten Körper, durch dessen Berührung sie ebenso elektrisch geworden ist, fortströmt, wird aber nicht von demselben wirklich abgestossen, sondern selbst durch andere, neu hinzuströmende Luft verdrängt und fortgetrieben, so dass jede Luftmasse, welche vermöge der Anziehung mit dem elektrisirten Körper in Berührung kömmt, die ihr vorangegangene Luft verdrängt, sogleich aber auch von der ihr nachfolgenden Luft ebenso fortgetrieben wird. Gleichwie nun diejenige Luft, welche durch Anziehung und Berührung des elektrisirten Körpers gleichnamig elektrisch geworden ist, von der nachfolgenden neu hinzuströmenden Luft wieder verdrängt und fortgetrieben wird, ebenso können auch leichtbewegliche Körperchen z. B. Sägespäne, kleine Stückchen Papier, Stroh u. dgl., nachdem sie von dem elektrisirten Körper angezogen und durch die Berührung desselben gleichnamig elektrisch geworden sind, durch die Strömung der Luft mit fortgerissen und also von dem elektrisirten Körper wieder entfernt werden. —

*) Das Weltsystem oder die Entstehung und Bewegung der Sonne, der Planeten, Monde und Kometen. Mainz, Kirchheim, Schott und Thielmann. 1836.

Es erhellet also, dass die Erscheinung des Abstossens zwischen gleichnamig elektrischen Körpern eigentlich nicht als die ursprüngliche und primäre Wirkung einer wesentlichen Abstosskraft der Elektricität oder der elektrischen Körper zu betrachten ist, sondern als eine indirekte oder secundäre Wirkung, welche ursprünglich von einer Anziehung herrührt. Ja es lässt sich im Gegentheil annehmen, dass die Elementartheilchen der elektrischen Materie nicht nur keine Abstosskraft, sondern sogar eine Anziehkraft besitzen, indem sie von keinem Körper abgestossen, sondern von allen angezogen werden, und dass demnach auch die Elementartheilchen der elektrischen Materie sich nicht wirklich abstossen, sondern vielmehr gegenseitig anziehen können, was auch deutlich daraus erhellet, dass dieselben sich sehr anhäufen und zu grossen Funken vereinigen, wenn sie aus einem Leiter in einen andern entfernten Leiter überspringen und einen sogenannten Nichtleiter, z. B. Luft, Glas, Pappenscheibe u. s. w. durchdringen müssen. — Ebenso kann auch die Erscheinung des Abstossens gleichnamiger Magnetpole nicht als ein Beweis für eine wesentliche Abstosskraft der Körper geltend gemacht werden, indem diese Erscheinung ebenso, wie das Abstossen gleichnamig elektrischer Körper, sich ganz leicht und einfach ohne die Annahme einer ursprünglichen Abstosskraft erklären lässt, zumal da man nach den merkwürdigen Entdeckungen von *Oersted*, *Ampère*, *Coulomb* und Andern mit der grössten Wahrscheinlichkeit, ja fast mit Gewissheit die elektrische und die magnetische Materie für identisch halten und demnach die Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus von einem und demselben wirksamen Princip ableiten kann. Ausserdem gibt es aber keine Erscheinung, die uns berechtigte, eine Abstosskraft als eine wesentliche Eigenschaft der Körper anzunehmen. Die verschiedenen Zustände und Grade von Fest- und Flüssigkeit der Körper, und die expansive Kraft der erwärmten, wie auch

der zusammengepressten Gasarten, sind durchaus kein genügender Grund, eine wesentliche Abstosskraft anzunehmen, da auch ohne dieselbe die fraglichen Erscheinungen sehr einfach und befriedigend erklärt werden können, wie sich dieses in der Folge noch zeigen wird.

Es haben auch schon früher mehrere Naturforscher sich gegen die Annahme einer Abstosskraft ausgesprochen, wie z. B. *Hennert* *), *Tob. Mayer*, *Munke*, *Parrot* u. m. A. *Munke* äussert sich entschieden gegen die den Atomen der Körper zugeschriebene Abstosskraft, obgleich er der Wärme eine Repulsionskraft beilegt, um daraus die expansive Elasticität der Gasarten zu erklären. Dieses ist jedoch unnöthig und inconsequent, da die fragliche Elasticität auch ohne solche Repulsionskraft der Wärme sehr einfach und befriedigend erklärt werden kann, wie in der Folge bei der Betrachtung der Wirksamkeit des Wärmestoffes noch näher gezeigt werden soll. Auch *Parrot* verwirft die repulsive Kraft überhaupt und insbesondere bei der Erklärung der Elasticität der Körper. Gegen die von *Kant* zuerst aufgestellte und von *Fischer* und *Fries* weiter ausgebildete dynamische Hypothese, haben vorzüglich *Tob. Mayer* **), *Gehler* ***), *von Busse* †) und *Munke* ††) sich entschieden ausgesprochen.

Gegen die Atomisten bleibt hier noch insbesondere Folgendes zu bemerken. Es ist ganz unbegreiflich, wie ein Atom nebst der Anziehkraft zugleich auch eine Abstosskraft besitzen und zwei ganz entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen soll. Es ist in der That unmöglich,

---

*) *Hennert*, dissertations phys. et math. à Utrecht. 1778. Pag. 133 — 136.

**) *Gren's* Journal d. phys. VII. p. 208, 212, 216.

***) *Gehler's* Wörterbuch I. 701.

†) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft von *Imm. Kant*, in ihren Gründen widerlegt von *Fr. Gottf. v. Busse*. Dresden und Leipzig, 1828.

††) *Gehler's* physikal. Wörterb. (neu bearbeitet). Art. «Elasticität» und «Materie.»

dass beide entgegengesetzte Kräfte in einem und demselben untheilbaren materiellen Puncte zugleich mit einander existiren und ihren bedingenden Grund haben. Denn ein Atom kann, insofern er anzieht, nicht zugleich auch abstossen und umgekehrt; es müssten also, wenn er zugleich anziehen und abstossen sollte, in ihm zwei Momente sein, wovon das eine die Anziehung, das andere die Abstossung bedingte; was aber bei der Untheilbarkeit und verschwindenden Kleinheit des Atomes nicht Statt finden kann. Uebrigens könnten die Anzieh- und Abstosskraft auch nicht gleichzeitig mit einander ihre Wirkungen äussern; denn wären beide Kräfte gleich stark, so müssten sie gegenseitig einander hemmen, ja selbst ganz aufheben, und es würde dann gar keine merkbare Wirkung Statt finden; wären aber beide Kräfte ungleich, so würde die schwächere durch die stärkere ganz aufgehoben, und folglich die letztere allein übrig bleiben, was jedoch der Voraussetzung gemäss auch unstatthaft ist. Und gesetzt auch, man wollte von allem diesen abstrahiren und nebst der Anziehkraft auch eine Abstosskraft annehmen, so würde man doch bei der angenommenen Gleichheit aller Atome die verschiedenen Grade der Fest- und Flüssigkeit, der Elasticität, der Schwere u. s. w. in den verschiedenen Körpern nicht nur nicht besser, sondern sogar noch weniger gut erklären hönnen, als man dieses ohne eine Abstosskraft zu thun im Stande ist. —

Gegen die dynamische Hypothese ist Folgendes zu bemerken. Das Argument, wodurch die Dynamiker die Nothwendigkeit der Abstosskraft zu beweisen glauben, beruht auf einer irrigen Voraussetzung. Man sagt: Die Materie würde, vermöge ihrer Anziehkraft, sich unaufhaltsam immer mehr bis zu einem mathematischen Punct zusammenziehen und somit aus dem Raume entschwinden, wenn sie nicht zugleich eine Repulsivkraft besässe, indem diese zur Räumlichkeit und Undurchdringlichkeit der Materie durchaus nöthig sei. Diese Behauptung ist aber

ganz ungegründet; denn die materiellen Theilchen, wie auch die daraus zusammengesetzten Körper, streben nicht in einander einzudringen, sich immer enger zusammenzuziehen und sofort gänzlich aus dem Raume zu entschwinden, sondern sie streben nur mit ihres Gleichen in eine innige Berührung zu kommen, und sobald sie dieses wirklich erreicht haben, so ist ihr Attractionsbestreben befriedigt. Man sagt ferner: dass alles, was eine Bewegung hemmt, selbst eine bewegende Kraft sein müsse. Dieses aber lässt sich auch nicht annehmen, ja es ist unbegreiflich, wie etwas, das keine Bewegung hervorzubringen vermag, selbst eine bewegende Kraft sein soll; denn, als eine bewegende Kraft kann nur dasjenige gelten, was einen Körper zu bewegen im Stande ist. Der Widerstand, wodurch ein Körper das Eindringen eines andern Körpers verhindert, beruht nicht auf einer eigenthümlichen bewegenden Kraft, sondern auf der Grundeigenschaft der Materie, d. h. auf der Räumlichkeit; denn jeder Körper ist schon dadurch, dass er existirt, einen Raum einnimmt, im Stande, jeden andern Körper von sich und seinem Raume auszuschliessen und bei jedem Andrange unüberwindlich zu widerstehen (§. 1.). Eine solche Abstosskraft ist auch zur Räumlichkeit und Existenz der Körper ganz unnöthig; denn die Materie ist ohne Raum unmöglich, könnte also nur in Folge einer Vernichtung aus dem Raume entschwinden. Da nun die Materie auf keine Weise, durch keine Naturkraft, namentlich nicht durch einen Druck vernichtet werden kann, so lässt sich auch nicht annehmen, dass sie vermöge ihrer eigenen Anziehkraft vernichtet werden könnte. Es ist auch ganz unbegreiflich, wie die Materie sich selbst vernichten, d. h. sich in einen mathematischen Punct, in ein Nichts zusammenziehen sollte. — Der grosse Widerstand, welchen die Körper bei der Compression leisten, berechtigt uns auch nicht eine Abstosskraft anzunehmen; denn sonst müsste die Abstosskraft, welche doch selbst nach der Behauptung der Dynamiker

nur eben so gross, als die Anziehkraft sein darf, in der That viel grösser als diese sein, da die Körper viel leichter distrahirt und zertheilt, als im geringsten zusammengepresst werden können. Ueberdiess ist noch zu bemerken, dass die Elementartheilchen der Körper bei der Compression nicht wirklich verkleinert, sondern bloss näher an einander gedrängt werden, wie sich in der Folge (§. 9.) noch näher zeigen wird. — Ueberhaupt ist die ganze dynamische Lehre in der That nichts, als ein Gewebe aus hypothetischen Sätzen, wovon keiner bewiesen, ja nicht einmal wahrscheinlich gemacht werden kann. Zuerst sagt man, dass die Materie nebst ihrer Anziehkraft zugleich auch eine Abstosskraft haben müsse, und in der Folge behauptet man, dass die Materie eigentlich nichts sei, als das Product jener beiden Kräfte, ohne einen hinreichenden Grund zu haben, die Kräfte, die man anfangs als Eigenschaften der Materie angenommen hat, nachher als die bedingenden Momente, als das allein Wesentliche und Wirkliche derselben gelten zu lassen. Man betrachtet die Anziehkraft und die erdichtete Abstosskraft als selbstständige Dinge, und lässt durch ihre Gegenwirkung die Materie als Product entstehen, da doch jene Kräfte die Existenz der Materie schon voraussetzen, und nur als Eigenschaften derselben angenommen werden können. Es ist auch ganz unbegreiflich, wie diese Kräfte einander entgegenwirken und selbst nicht räumlich, doch in ihrer Wirkung den Raum erfüllen und die Materie sammt ihren mannchfaltigen Eigenschaften erzeugen sollten. Wenn die beiden Kräfte zuerst existirt und durch ihre Gegenwirkung die Materie gebildet haben sollen, so lässt sich füglich fragen: Ob diese Kräfte überall im unendlichen Weltraume existirt und überall gleichmässig gegen einander gewirkt haben oder nicht, und warum gerade der eine oder der andere Fall Statt gefunden habe? Ferner, warum diese beiden Kräfte nicht den ganzen Weltraum gleichmässig mit Materie erfüllt, sondern in weit von einander

entfernten Gegenden grössere und kleinere Körper, wie z. B. die Sonne, die Planeten, Monde und Kometen gebildet habe? Und endlich, warum sie in einem und demselben Weltkörper, z. B. auf der Erde, so sehr verschiedene Materien, z. B. Licht, Wärme, Luft, Wasser und feste Körper, und zwar an einer Stelle Eisen, an einer andern Schwefel und so fort an verschiedenen Stellen verschiedene Körper, als Platina, Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer, Zinn, Blei u. s. f. unzählig viele andere Mineralien gebildet habe? Wenn die Anziehkraft und Abstosskraft überall mit gleicher Stärke gewirkt hätten, so müssten auch ihre Producte überall gleich sein; sollen aber beide Kräfte an verschiedenen Stellen auf verschiedene Weise gewirkt haben, so müssen diese verschiedenen Modificationen auch durch besondere Momente bedingt worden sein, und dann lässt sich mit Recht weiter fragen: wie und warum soll dieses alles so geschehen? Denn alles dieses muss doch einen hinreichenden Grund haben. — Die verschiedenen Eigenschaften der Körper lassen sich selbst nach den von den Dynamikern aufgestellten Grundsätzen durchaus nicht erklären. Woher sollte es kommen, dass z. B. das Quecksilber fast fünfmal so viel wiegt, als der Diamant, da dieser doch gemäss seiner ungeheuren Festigkeit eine weit intensivere Gegenwirkung der Anziehkraft und der Abstosskraft voraussetzt und demnach auch viel schwerer sein sollte? Ferner lässt sich fragen: wie es möglich sei, dass die unendlich manchfaltigen Pflanzen und Thiere blos durch das Gegeneinanderwirken jener beiden Kräfte, ihre räumliche Existenz und ihre organische Lebensthätigkeit und Bildung erhalten haben könnten? Bei einer solchen Untersuchung wird es jedem unbefangenen Naturforscher einleuchten, dass, wenn man auch nebst der Anziehkraft noch eine Abstosskraft annehmen wollte, man doch nicht im Stande wäre, aus der wechselseitigen Gegenwirkung dieser Kräfte die Entstehung der Materie, die verschiedenen

Grade der Fest- und Flüssigkeit, des Gewichtes, und noch weit weniger die übrigen Eigenschaften der Körper abzuleiten. Denn alle Producte dieser Kräfte müssten einander gleich sein, alle Körper müssten eine und die nämliche Beschaffenheit haben, so wie auch sonst entgegengesetzte Kräfte bei gleicher Stärke immer die nämliche Wirkung hervorbringen, sich gegenseitig aufheben. — Diese kurze Kritik mag wohl genügen, die Unhaltbarkeit der dynamischen Hypothese zu zeigen. —

§. 8.

Ueber die Distractibilität der Körper.

Distractibilität nenne ich diejenige Fähigkeit, gemäss welcher die Körper durch eine von aussen einwirkende mechanische Gewalt nach allen Richtungen ausgedehnt, d. h. auseinander gezogen oder distrahirt werden können. Die Distractibilität ist nicht bei allen Körpern gleich gross, sondern verhält sich ungefähr umgekehrt, wie die Stärke ihrer Cohärenz.

In starren Körpern ist sie sehr gering, jedoch noch leicht zu bemerken; so kann z. B. ein Eisendrath sich merklich verlängern, wenn grosse Gewichte daran gehängt werden. Ebenso werden, wenn man eine Degenklinge krümmt, die Stahltheilchen auf der convexen Seite des Degens etwas von einander gezerrt, distrahirt. — Die Flüssigkeiten lassen sich nur dann distrahiren, wenn sie in einem Gefässe eingeschlossen sind; so kann z. B. mit Hülfe einer Luftpumpe die in der Glasglocke eingeschlossene Luft vermöge ihrer Adhärenz mit dem Stempel bei dem Ausziehen desselben mit fortgezogen und also distrahirt werden. Die Luft lässt sich auf diese Weise sehr leicht und weit distrahiren, weil die Cohärenz ihrer Elementartheilchen sehr gering ist. — Die tropfbaren Flüssigkeiten z. B. Wasser, Weingeist u. s. w. welche man zugleich mit der Luft unter der Glocke der Luftpumpe einer Distraction unterwirft, können nur bei grossem Kraftaufwande

beträchtlich distrahirt werden. Wenn dieses wirklich geschieht, so muss die Luft, welche sich in diesen tropfbaren Flüssigkeiten befindet, gemäss ihrer Distraction ein grösseres Volumen annehmen, unter der Gestalt von kleinen Bläschen zum Vorschein kommen, in der Flüssigkeit aufsteigen und an der Oberfläche derselben zerplatzen. Dass die Luft hier nicht, vermöge einer eigenthümlichen Expansivkraft sich ausbreite und aus der tropfbaren Flüssigkeit hervorgehe, sondern wirklich durch Distraction ausgedehnt werde, soll in der Folge noch näher erklärt und ausser allen Zweifel gesetzt werden. — Ebenso können auch starre Körper, welche sich sonst nur nach der einen oder der andern Dimension, z. B. in der Länge oder Breite unvollkommen distrahiren lassen, nach allen Richtungen gleichzeitig und ebenmässig distrahirt werden, wenn sie in ein Gefäss mit Wasser versenkt und somit unter die Glocke der Luftpumpe gebracht worden sind. Kork, Caoutchouc (elastisches Gummi) und andere leichte Körper, welche man mit einem kleinen Gewichte beschwert, so dass sie nur wenig schwerer sind als Wasser, und nur langsam darin untersinken, steigen wieder in die Höhe, wenn man das Wasser mit Hülfe einer Pumpe distrahirt, und zwar aus dem Grunde, weil sie vermittelst des Wassers ebenfalls und zwar wegen ihrer grösseren Distractibilität noch mehr, als dieses, distrahirt werden und gemäss der Zunahme ihres Volumens auch specifisch leichter werden.

Da die Elementartheilchen der Körper durch die Distraction von einander entfernt werden, so können sie vermöge ihrer Anziehkraft in die bei der Distraction entstehenden grösseren Zwischenräume sogleich eine andere Materie aufnehmen. Daher kann jeder Körper bei der Distraction eine angemessene Menge Wärmestoff absorbiren. Die Wahrheit dieser Behauptung lässt sich leicht durch Versuche beweisen. 1) Wenn man z. B. ein Thermometer unter die Glocke der Luftpumpe bringt und nun die Luft

in derselben distrahirt, so sieht man deutlich, dass das Quecksilber des Thermometers etwas heruntersinkt, und zwar um so schneller und tiefer, je schneller und stärker die Luft unter der Glocke durch das Auspumpen distrahirt wird; indem sie alsdann desto mehr Wärmestoff absorbirt und mithin auch eine Abkühlung des Thermometers verursacht. Wenn man nachher der äussern atmosphärischen Luft wieder den Zutritt in die Glocke gestattet, so dass die darin zurückgebliebene distrahirte Luft sich wieder verdichtet, so wird auch der von ihr absorbirte Wärmestoff wieder frei und bewirkt alsdann, dass das Quecksilber des Thermometers wieder auf seine vorige Höhe steigt. — Gleichwie die Luft hier bei der Distraction eine gewisse Menge Wärmestoff absorbirt, so kann sie auch tropfbare Flüssigkeiten absorbiren, indem sie dieselben so distrahirt, dass ein beträchtlicher Theil davon nach und nach in einen dunstförmigen Zustand übergeht und sich in der distrahirten Luft ebenmässig verbreitet. Wenn man z. B. ein Glas mit Wasser unter die Glocke stellt, und nun die Luftpumpe tüchtig wirken lässt, so vermindert sich das Wasser allmählig, und zwar um so mehr, 1) je grösser die Glocke ist, und 2) je mehr die Luft darin distrahirt wird. Das Wasser wird nämlich bei der Distraction der Luft ebenfalls distrahirt, dadurch genöthigt ein grösseres Volumen und die Dunstform anzunehmen und sofort absorbirt. Wenn man nachher wieder atmosphärische Luft in die Glocke einströmen lässt, so dass die darin zurückgebliebene, distrahirte Luft sich wieder gehörig verdichten kann, so verdichtet sich auch das von ihr distrahirte und absorbirte Wasser wieder und erscheint in Dampfgestalt, als Nebel, welcher bald wieder in den Zustand der Tropfbarkeit übergeht und die innere Oberfläche der Glasglocke befeuchtet. — Der Weingeist kann viel leichter und schneller distrahirt und absorbirt werden, als das Wasser, und wird hierin von der Naphta noch weit übertroffen. Eine sehr merkwürdige

Erscheinung gewährt folgendes Verfahren. Man stelle drei an Grösse verschiedene Trinkgläser in einander, fülle das äusserste grösste wie auch das innerste kleinste Glas mit Naphta, und das zwischen beiden befindliche mittlere Glas mit Wasser, bringe das Ganze unter die Glocke und pumpe schnell die Luft heraus; alsdann wird die Naphta sehr bald aus beiden Gläsern verschwinden und das Wasser zu Eis erstarren. Dieses ist folgender Massen zu erklären: Die so flüchtige Naphta wird durch die distrahirte Luft in der Glocke sehr leicht distrahirt und absorbirt, und da nun ihre Theilchen sich so schnell von einander entfernen und dabei eine grosse Menge Wärmestoff in ihre Zwischenräume aufnehmen, so wird dadurch dem daneben befindlichen Wasser soviel Wärme entzogen, dass es selbst zu Eis erstarren muss *).

§. 9.

Ueber die Compressibilität der Körper.

Compressibilität heisst diejenige Fähigkeit, gemäss welcher die Körper durch eine von aussen einwirkende Gewalt in einen kleineren Raum zusammengedrängt werden können. Bei der Compression werden die Elementartheilchen der Körper näher zusammengetrieben und mithin ihre Zwischenräume vermindert. An und für sich kann die Materie nicht in einen kleineren Raum zusammengepresst werden; denn sollte dieses geschehen, so müsste entweder eine gegenseitige Durchdringung verschiedener Elementartheilchen Statt finden, oder ein Theil derselben müsste vernichtet werden. Der erste Fall ist unstatthaft; denn eine gleichzeitige Existenz verschiedener Theile in einem und demselben Raume widerstreitet der Grundeigenschaft der Materie, wie bereits früher (§. 1.)

---

*) Obige Verdünstungstheorie soll in der Folge (§. 19.) noch ausführlicher entwickelt werden.

gezeigt wurde, und ist eben so unmöglich, als ein Körper ohne Materie. Der zweite Fall ist auch unstatthaft; denn wenn durch die Zusammenpressung eines Körpers in demselben eine Vernichtung bewirkt würde, so müssten alle seine Theile zugleich in einem und demselben Momente ihre Existenz verlieren, weil sie alle einen gleichen Grund des Daseins haben; der Körper könnte also bei der Zusammenpressung nicht nach und nach einen kleineren Raum einnehmen, sondern müsste plötzlich, in einem Augenblicke, von seiner anfänglichen Grösse in einen mathematischen Punct zusammengehen und somit seine räumliche Existenz einbüssen, was doch niemals geschieht. Es ist demnach anzunehmen, dass die Elementartheilchen der Körper bei der Zusammenpressung näher an einander rücken, sowie sie im Gegentheil bei der Distraction weiter von einander gehen. — Alle Körper sind compressibel, weil sie sämmtlich mehr oder weniger feine Zwischenräume enthalten (§. 4.)

Die Grösse der Compressibilität ist nicht bei allen Körpern gleich, sondern sehr verschieden, und verhält sich ungefähr, wie die der Distractibilität. Diejenigen Körper nämlich, welche sich am leichtesten distrahiren lassen, können auch am meisten comprimirt werden, und leisten bei der Compression den geringsten Widerstand, und umgekehrt können diejenigen Körper, welche sich nur wenig distrahiren lassen, auch nicht viel comprimirt werden.

Uebrigens erfordert die Compression eine viel grössere Gewalt als die Distraction; weil die Compressibilität sich nicht so weit erstreckt als die Distractibilität, sondern sehr enge beschränkt ist, indem die Elementartheilchen der Körper, wenn sie einmal einander genau berühren, sofort nicht mehr näher zusammenrücken können, und also gemäss ihrer Räumlichkeit und Undurchdringlichkeit durch einen unüberwindlichen Widerstand, eine stärkere Compression unmöglich machen; dahingegen die Distrac-

tibilität keine bestimmte Grenzen hat, indem die Elementartheilchen der Körper immer weiter von einander entfernt werden können, ohne auf ein bestimmtes Hinderniss zu stossen. —

Gleichwie der Wärmestoff, wenn er in die Körper eindringt, die Elementartheilchen derselben von einander treibt, so wird er auch von ihnen verdrängt, wenn sie bei der Compression näher zusammenrücken. — Dass aus den comprimirten Körpern wirklich Wärmestoff hervortrete, erhellet daraus, dass die Dämpfe und mehrere Gasarten unter einem starken Drucke in den Zustand der Tropfbarkeit übergehen und dabei eine beträchtliche Menge Wärmestoff freilassen, da die Gefässe, in welchen die Compressionen Statt finden, eine höhere Temperatur bekommen. Ferner erhellet es auch daraus, dass überhaupt bei jeder Verdichtung eine angemessene Menge Wärmestoff frei wird, welche desto beträchtlicher erscheint, je grösser die sich verdichtenden Massen sind, und je kleiner das Volumen ist, worauf sie sich beschränken, wie noch in der Folge (§. 18.) gezeigt werden soll.

§. 10.

Ueber die Elasticität der Körper im Allgemeinen.

Elasticität heisst die Fähigkeit, gemäss welcher die Körper bei jeder Veränderung ihrer Gestalt oder Grösse einen angemessenen Widerstand leisten und fortwährend ihre vorige Beschaffenheit wieder anzunehmen streben, und dieses auch sogleich wirklich ausführen, sobald die Hindernisse entfernt worden sind. Die Elasticität der tropfbaren Flüssigkeiten betrifft vorzüglich ihre Form; so z. B. sucht ein kleiner Quecksilbertropfen seine Kugelgestalt zu behaupten und, wenn er platt gedrückt worden ist, dieselbe sogleich wieder anzunehmen, was er auch wirklich thut, sobald er sich selbst wieder frei überlassen wird. Gleichwie nämlich die Tropfen wegen der gegenseitigen Anziehung ihrer Theilchen eine kugelrunde Ge-

stalt haben, so streben sie auch dieselbe zu behalten und nach einer jeden Veränderung sogleich wieder herzustellen. Daher kömmt es, dass die kleinen Quecksilberkügelchen jedem Drucke so flüchtig ausweichen, und dass dieselben, wenn sie bei einem Anstosse gegen einen andern Körper platt geworden sind, sogleich ihre runde Gestalt wieder annehmen und zurückprallen. Eine solche Elasticität zeigen auch andere tropfbare Flüssigkeiten in einem geringeren Grade; so kann z. B. ein Wassertropfen, welchen man auf eine mit Bärlappsamen bestreute Glasscheibe fallen lässt, wieder abprallen und in die Höhe springen; ebenso kann auch ein Wasserstrahl abprallen, wenn er unter einem spitzen Winkel eine Fläche trifft.

Die Elasticität, welche die Veränderung des Volumens betrifft, kann sich auf zweifache Weise äussern: 1) durch Contraction und 2) durch Expansion. Im ersten Falle, wo die Elasticität contractiv erscheint, und daher Contractivität genannt werden kann, da streben die Körper sich enger zusammenzuziehen und einen kleineren Raum einzunehmen; im zweiten Falle aber, wo die Elasticität expansiv erscheint, und daher mit dem Worte « Expansivität » bezeichnet zu werden verdient, da streben die Körper sich weiter auszubreiten und einen grösseren Raum einzunehmen *).

A) Contractivität der Körper.

Die Körper äussern eine Contractivität, wenn sie entweder durch eine äussere Gewalt distrahirt und somit in einen grösseren Raum ausgedehnt, oder wenn sie durch die Wärme expandirt worden sind und darauf wieder erkalten; denn gleichwie ihre Elementartheilchen, vermöge

*) Das Bestreben der Körper, sich auszubreiten, ist auch öfters mit dem Worte « Expansibilität » bezeichnet worden; diese Benennung aber ist unpassend und verwerflich, weil dasselbe Wort besser dazu dient, um die Fähigkeit der Körper durch die Wärme ausgedehnt zu werden, zu bezeichnen.

ihrer Anziehkraft cohäriren und sich gegenseitig festhalten, so streben sie auch, wenn sie durch Distraction oder Expansion ein wenig von einander entfernt worden sind, wieder zusammenzurücken und können sich wirklich einander näheren, wenn sie von jedem Hindernisse befreit und sich selbst ganz überlassen werden. So ist z. B. ein Eisendrath, welchen man durch ein daran gehängtes Gewicht distrahirt hat, im Stande sich wieder zusammenzuziehen und zu verkürzen, sobald er von seiner Last befreit wird. Ebenso können alle Körper, welche durch den Einfluss der Wärme expandirt worden sind, während des Erkaltens sich allmählig wieder auf ihr voriges Volumen zusammenziehen. — Diese Zusammenziehungskraft hat *Molard* in Paris benutzt, um Mauern, welche stark von einander gewichen waren, in ihre vorige Stellung zurückzubringen; indem er eiserne Stangen quer durchführte, dieselben in ihrer ganzen Länge stark erhizte, sodann durch Schrauben mit den Mauern fest verband und sie alsdann erkalten liess, wobei sie sich mit einer ungeheuren Gewalt zusammenzogen und dadurch die Mauern wieder gerade stellten. Auch die tropfbaren Flüssigkeiten ziehen sich bei dem Erkalten mit grosser Kraft zusammen und können, wenn sie in Flaschen gefüllt und luftdicht verschlossen sind, vermöge der Adhärenz, die Wände derselben mit solcher Stärke gegen einander ziehen, dass an der schwächeren Stelle ein Bruch nach innen erfolgt, wie z. B. der Apotheker *Büchner* an einer starken Flasche, welche mit warmem Kampferöl gefüllt und luftdicht verstopft worden war, beobachtet hat. Wenn ein Gefäss so stark ist, dass es weder nachgibt noch bricht, so wird die darin eingeschlossene Flüssigkeit fortwährend in einem Zustande der Ausdehnung erhalten. Sie strebt freilich bei dem Erkalten sich wieder auf ihr voriges Volumen zusammenzuziehen; da sie aber überall mit den Wänden des Gefässes in Berührung und gegenseitiger Anziehung begriffen ist, so wird sie, vermöge ihrer Adhärenz, beständig

von denselben zurückgehalten, so dass sie sich nicht davon entfernen, also auch nicht zusammenziehen kann, wenn sie nicht durch eine andere Materie als Anziehungsstoff ersetzt wird. Da aber die tropfbaren Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Quecksilber, immer einige Luft enthalten, und da dieselben gemäss der stärkeren Cohärenz ihrer Elementartheilchen sich mit grösserer Kraft zusammenziehen können, als die Luft, so geschieht es, dass die tropfbaren Flüssigkeiten bei dem Erkalten sich allmählig zusammenziehen, wodurch die in ihnen befindliche Luft gewaltsam distrahirt und genöthigt wird, denjenigen Raum einzunehmen, aus welchem die tropfbaren Flüssigkeiten sich zurückziehen. Daher kömmt es, dass in allen Fällen, wo ein Gefäss mit kochend heisser Flüssigkeit, z. B. Wasser, Weingeist oder Quecksilber möglichst vollgefüllt und luftdicht verschlossen worden ist, dieselbe bei dem Erkalten sich immer etwas zusammenzieht und mehr oder weniger Luft aus seinem Innern entwickelt, wie wir bereits früher (§. 5.) aus den von *Saussure* und *Priestley* angestellten Versuchen gefunden haben, und auch in der Folge noch näher sehen werden. Jedoch kann die tropfbare Flüssigkeit bei dem Erkalten sich nicht ganz genau bis zu seinem vorigen Volumen zusammenziehen, sondern bleibt immer etwas ausgedehnt, und zwar um so mehr, je weniger Luft vorhanden, und je weniger die tropfbare Flüssigkeit in Dunstform überzugehen geneigt ist; sobald dieselbe aber sich frei überlassen wird, indem man durch Eröffnung des Gefässes der äussern atmosphärischen Luft oder einer andern Flüssigkeit den freien Eintritt gestattet, so zieht sie sich augenblicklich auf ihr voriges Volumen zusammen, wie wir auch bereits bei dem (§. 5.) beschriebenen Versuche von *Saussure* gefunden haben. Hierher gehört auch folgende merkwürdige Erscheinung, welche in neuerer Zeit durch übereinstimmende Beobachtung mehrerer ausgezeichneter Naturforscher ausser Zweifel gesetzt worden ist, nämlich: dass

in sogenannten luftleeren Quecksilberthermometern der Nullpunct nach und nach höher rückt, d. h. dass solche alte Thermometer, deren Nullpunct bei ihrer Verfertigung auch noch so genau bestimmt worden ist, nun in schmelzendem Eise etwas, manchmal mehr als einen Grad, über dem auf der Scale bezeichneten Nullpuncte stehen, dass die Aenderung des Nullpunctes gleich nach der Verfertigung am beträchtlichsten ist, und nach einigen Jahren zuzunehmen ganz aufhört; ferner, dass bei allen Weingeistthermometern, wie auch bei lufthaltigen Quecksilberthermometern dieses nicht Statt findet; und dass der Nullpunct eines alten (sogenannten) luftleeren Quecksilberthermometers auf seinen ursprünglichen Stand zurückfällt, wenn man die oberste Spitze der Thermometerröhre abbricht, so dass Luft von aussen in dieselbe eintreten kann *).

Diese Erscheinungen sind folgender Massen zu erklären: Wenn bei der Verfertigung eines sogenannten luftleeren Thermometers der Siedpunct bestimmt, die Glasröhre oben zugeschmolzen ist und nun das Quecksilber wieder erkaltet, so strebt es sich wieder zusammenzuziehen und herunter zu sinken; da es aber mit dem oberen Theile der Thermometerröhre in einer innigen Berührung und gegenseitigen Anziehung begriffen ist, so kann es nicht von demselben loskommen, wenn nicht eine andere Materie als Anziehungsstoff für beide dazwischen tritt; da nun das Quecksilber, wenn es auch noch so gut ausgekocht ist, immer noch einige Luft, auch wohl Feuchtigkeit enthält, und da es ferner *sich* mit einer viel grössern Kraft zusammenziehen kann, als die Luft, so geschieht es, dass das Quecksilber bei dem Erkalten sich allmählig zusammenzieht und heruntersinkt, wodurch die darin befindliche Luft gewaltsam distrahirt und genöthigt wird,

*) Anfangsgründe der Physik von *D. Scholz* S. 435. — *Kämtz*, über die Veränderlichkeit des Nullpunctes in Thermometern; in Schw. Journ. 40. 200.

denjenigen Raum einzunehmen, aus welchem das Quecksilber sich zurückzieht. Während aber die Wärme des Thermometers abnimmt, wird die gegenseitige Anziehung zwischen dem Quecksilber, der ausgedehnten Luft und der Glasröhre beträchtlich stärker, und daher kömmt es, dass das Quecksilber einen Theil der vorhin daraus entwickelten Luft nach und nach wieder absorbirt, zugleich aber auch selbst etwas weiter distrahirt und genöthigt wird, den Raum der absorbirten Luft einzunehmen und folglich etwas höher in der Glasröhre aufzusteigen, so dass der Nullpunct etwas höher zu stehen kömmt. Diese Erhöhung des Nullpunctes muss gleich nach Verfertigung des Thermometers am beträchtlichsten sein und in der Folge allmählig geringer werden, bis sie ganz aufhört; weil anfangs auch die eben erwähnte Absorbtion der Luft und Distraction des Quecksilbers am grössten ist und späterhin nach und nach geringer wird, bis sie endlich ganz aufhört. — Diese Erhöhung des Nullpunctes findet bei allen Weingeistthermometern nicht Statt, weil der Weingeist, wenn er erkaltet und sich aus dem oberen Theile der Glasröhre zurückzieht, nicht nur Luft aus seinem Innern entwickelt, sondern auch in der distrahirten Luft sehr leicht verdunstet, wodurch der obere freie Theil der Thermometerröhre so angefüllt wird, dass der noch übrige tropfbare Weingeist sich gehörig zusammenziehen kann und also auch den Nullpunct nicht zu hoch, sondern ganz richtig anzeigt. Auch in den mehr lufthaltigen Quecksilberthermometern kömmt die erwähnte Erhöhung des Nullpunctes nicht vor, aus dem einfachen Grunde, weil wegen der vorhandenen Luftmenge das Quecksilber nicht so stark von dem oberen Theile der Thermometerröhre angezogen und in einem Zustande von Distraction erhalten wird, und es sich daher auf sein normales Volumen zusammenziehen kann. Wenn man bei alten, sogenannten luftleeren Quecksilberthermometern die Spitze der Glasröhre abbricht, so sinkt der Nullpunct

sogleich auf seinen ursprünglichen Stand zurück, weil dann durch die von aussen eindringende Luft die starke Anziehung zwischen dem oberen Theile der Thermometerröhre und dem Quecksilber aufgehoben wird, und dieses nach aufgehobener Distraction sich wieder auf sein voriges Volumen zusammenzieht und mithin auf den normalen Nullpunct heruntersinkt. — Hierher kann gewisser Massen auch folgende Erscheinung gerechnet werden, nämlich: dass das Wasser, welches in der Siedhitze so viel als möglich mit schwefelsaurem Natron gesättigt und in einer damit ganz angefüllten Glaskugel fest und luftdicht verschlossen worden ist, selbst nach dem Erkalten noch alles Salz fortwährend aufgelösst erhält, und dass in dem Momente, wo die Kugel geöffnet und Luft hineingelassen wird, das Wasser und die Salzmasse sich auf einmal zusammenzieht und einen festen Klumpen bildet, so dass, wenn man die Glaskugel mit der Oeffnung nach unten kehrt, aus derselben kein Wasser herausläuft. Zu bemerken ist noch, dass in demselben Augenblicke, wo diese Verdichtung Statt findet und die Salzmasse in den Zustand der Starrheit übergeht, eine beträchtliche Menge Wärmestoff frei wird, und die Temperatur des Gefässes um mehrere Grade erhöht.

B) Expansivität der Körper.

Die Körper äussern eine Expansivität, wenn sie durch einen Druck oder Stoss in einen kleineren Raum zusammengepresst oder dem Einfluss der Wärme ausgesetzt worden sind. Wenn man z. B. eine Kugel von Elfenbein oder Marmor an einen Faden aufhängt und dieselbe sodann wie ein Pendel gegen eine vertical aufgestellte, mit Lampenruss schwarz angelaufene Marmortafel fallen lässt, so springt sie sogleich zurück und hinterlässt auf der schwarzen Fläche an der getroffenen Stelle einen ziemlich grossen kreisförmigen Fleck, als eine deutliche Spur der hier Statt gefundenen Compression der beiden an

einander gestossenen harten Körper. Das Zurückprallen der Kugel beruht auf der schnellen Expansion der durch den Anstoss comprimirten Theile. Ebenso können auch andere Körper, z. B. Holz, Kork, Caoutchouc, Wasser und Luft sich wieder ausbreiten, wenn sie durch eine von aussen einwirkende Gewalt zusammengepresst worden waren. Die Erscheinung der Expansivität ist folgender Massen zu erklären. Durch die Compression werden die Elementartheilchen der Körper näher an einander getrieben und dadurch aus ihren Zwischenräumen eine Menge Wärmestoff verdrängt; da nun an dessen Stelle von Neuem Wärmestoff einzudringen strebt, so streben auch die comprimirten Körper sich wieder auszubreiten, und sie können in der That, wenn ihnen kein Hinderniss mehr entgegensteht, ihr voriges Volumen wieder annehmen, indem alsdann der Wärmestoff in dieselben wirklich eindringt, die eng zusammengepressten Elementartheilchen wieder von einander treibt und somit die vorigen Zwischenräume derselben wieder herstellt. Demnach muss die Expansivität der comprimirten Körper sich verhalten, wie die Stärke ihrer Compression, d. h. je mehr ein Körper comprimirt worden ist, desto stärker ist sein Streben sich wieder auszubreiten, und umgekehrt. Ebenso streben alle Körper, welche dem Einfluss der Wärme ausgesetzt werden, sich weiter auszubreiten, und zwar um so stärker, je grösser die Menge des in ihn eindringenden Wärmestoffes ist.

C) Federkraft der Körper.

Die Federkraft ist eine besondere Art von Elasticität, vermöge welcher die festen Körper während ihrer Biegung Widerstand leisten und nachher beständig ihre vorige Gestalt wieder anzunehmen streben, und dieses auch wirklich ausführen, sobald sie sich selbst frei überlassen werden.

In einem gebogenen Körper können beide Elasticitäten, die contractive und die expansive, zugleich obwalten, da bei der Biegung fester Körper sowohl eine Distraction, als auch eine Compression Statt finden kann. Wenn man z. B. eine Degenklinge krümmt, so werden die Stahltheilchen auf der convexen Seite der Krümmung distrahirt, von einander gezerrt, auf der concaven Seite aber comprimirt, näher zusammengedrängt; indem die Länge der concaven Fläche kleiner, die der convexen aber grösser wird, als sie vorher war. Zur Wiederherstellung der vorigen Gestalt des Degens müssen also die Stahltheilchen in ihre erste Lage zurückkehren, d. h. die distrahirten Theilchen müssen wieder näher zusammen, die comprimirten aber weiter von einander rücken, und zwar aus den nämlichen Gründen, welche oben bei der contractiven und der expansiven Elasticität angegeben wurden. Die Federkraft ist nicht bei allen festen Körpern gleich, sondern an Grösse sehr verschieden, je nachdem die Härte, Cohärenz und Dichtheit derselben verschieden ist. Ein weicher Körper äussert bei der Biegung eine geringe oder gar keine Federkraft, wenn seine Elementartheilchen dabei anstatt gehörig distrahirt und comprimirt zu werden, mehr oder weniger verschoben und anders verbunden, oder auch wohl durch einen Bruch gänzlich von einander getrennt werden; weil alsdann weder eine Contraction, noch eine Expansion in gehöriger Weise erfolgen, und daher auch wenig oder gar keine Federkraft Statt finden kann. Wenn im Gegentheil ein Körper zu dicht und hart ist, so ist auch seine Compressibilität und Distractibilität und mithin auch seine Federkraft sehr beschränkt, indem er sich nur wenig biegen lässt und bei einer stärkeren Biegung sehr bald zerbricht. Demnach können nur diejenigen Körper eine extensiv und intensiv grosse Federkraft haben, welche nebst einer hinreichenden Cohärenz eine mässige Härte besitzen, und wobei die Distractibilität und Compressibilität ziemlich gross sind und in einem entsprechenden Verhältnisse zu einander stehen.

Bevor wir die Elasticität der Luft im Besondern näher untersuchen, wird es nicht unpassend sein, zuvor die allgemein angenommene Lehre vom Drucke der Luft für diejenigen, welche dieselbe noch wenig oder gar nicht kennen, vorzutragen.

§. 11.

Die Lehre vom Drucke der Luft.

Die Luft, welche die ganze Erdkugel umgibt, ist eine wägbare elastische Flüssigkeit. Ihre Schwere ist zwar sehr gering, aber doch gross genug, um auf der Wage erkannt zu werden. Man findet nämlich, dass ein rhein. Kubikfuss Luft bei 0° C. und einem Barometerstande von 28 Par. Zoll 615 Gran med. G. wiegt, dass sie also unter den erwähnten Verhältnissen 800 Mal leichter ist, als Wasser. Die Luft erstreckt sich von der Oberfläche (des Meeres) der Erde bis zu einer beträchtlichen Höhe, welche nach mehrfachen Berechnungen ungefähr 8 bis 10 deutsch. Meilen betragen soll. Diese ganze Lufthülle heisst Atmosphäre oder Dunstkugel, weil sie ebenso wie die Erde kugelförmig gestaltet ist und beständig sehr viele Dünste enthält. Die Luft ist nicht überall von gleicher Dichtheit, sondern an der Erdoberfläche am dichtesten, in den höchsten Regionen der Atmosphäre aber am dünnsten, und zwar aus dem Grunde, weil die untersten Schichten vermöge des Drucks der auf ihnen ruhenden oberen Luftmasse am meisten zusammengepresst sind, während die oberen Schichten, welche eine geringere oder gar keine Last zu tragen haben, wenig oder gar nicht zusammengepresst sind. — Die Luft hat von Natur eine grosse Elasticität, vermöge welcher sie sich stets nach allen Richtungen auszubreiten strebt. Diese Elasticität bleibt sich nicht immer gleich, sondern kann an Stärke beträchtlich zunehmen, wenn die Luft mehr zusammengepresst oder erwärmt wird; und im Gegentheil kann die Elasticität an Stärke abnehmen, wenn die Luft sich weiter

ausbreitet oder kälter wird. Die Luft an der Erdoberfläche hat die grösste Elasticität, weil sie gemäss des Drucks der darauf ruhenden ganzen Luftmasse am meisten zusammengepresst ist, und in dem Masse, wie die Dichtheit der Luft von der Erdoberfläche aufsteigend in den höheren Regionen der Atmosphäre abnimmt, vermindert sich auch ihre Elasticität.

Die Luft würde sich vermöge ihrer Elasticität wirklich ausdehnen, wenn sie nicht durch den Druck der oberen Luftschichten beständig zurückgehalten würde. Eine Luftmasse kann sich aber sehr leicht und beträchtlich ausbreiten, wenn der Druck der Atmosphäre aufgehoben wird; so verbreitet sich die in der Glasglocke befindliche Luft durch den ganzen innern Raum des Cylinders der Luftpumpe, wenn der Kolben herausgezogen wird, so dass man dadurch im Stande ist, die Glasglocke beinahe ganz luftleer zu machen. Unter diesen Verhältnissen kann auch eine, nur wenig Luft enthaltende, gut zugebundene Thierblase unter der Glasglocke beträchtlich anschwellen, indem die darin befindliche Luft sich vermöge ihrer Elasticität ausbreitet und somit die Blase ausdehnt. Wenn man nachher durch Umdrehung des Hahns der Atmosphäre wieder freien Eintritt in die Glasglocke gestattet, so fällt die Blase wieder zusammen, weil die in ihr befindliche Luft durch den Druck der Atmosphäre wieder zusammengedrückt wird. Die Luft kann sich aber auch selbst unter dem Drucke der Atmosphäre ausbreiten, wenn sie nämlich durch Zusammenpressung oder Erwärmung eine grössere Elasticität erlangt hat. So kann eine mit Luft angefüllte, gut zugebundene Thierblase, wenn sie zusammengepresst worden ist, sich sogleich wieder ausdehnen, sobald man sie wieder frei lässt. Ebenso kann eine solche Blase, wenn man sie in die Nähe eines heissen Ofens oder über ein Kohlenfeuer hält, nach und nach anschwellen, und zwar desto mehr, je mehr die in ihr befindliche Luft erwärmt wird. Wenn man

nachher die Blase wieder kühl werden lässt, so kehrt sie in ihren vorigen Zustand zurück; indem alsdann die in ihr befindliche Luft an Elasticität wieder abnimmt, und demnach von der Atmosphäre wieder zusammengepresst wird.

Die Atmosphäre übt, vermöge ihrer Schwere und gemäss den Gesetzen der Hydrostatik, auf alle in ihr befindlichen Körper einen Druck, welcher gleich ist dem Gewichte einer Luftsäule, deren Basis mit der Oberfläche des Körpers und deren Höhe mit jener der Atmosphäre gleich ist. Daher kömmt es, dass alle Körper in der Atmosphäre weniger wiegen, als in einem luftleeren Raume, und dass diejenigen Körper, welche specifisch leichter sind als die Luft, in der Atmosphäre aufsteigen, wie z. B. die sogenannten Luftballons und die mit Wasserstoffgas gefüllten Seifenblasen. Obgleich der Druck der Luft sehr stark ist, so verhalten sich doch die Körper in der Luft scheinbar ebenso, als wenn sie keinem Drucke ausgesetzt wären, und dieses kömmt daher, weil der Druck auf allen Seiten gleich gross ist, sich also überall im Gleichgewicht befindet. Der Druck der Atmosphäre macht sich vorzüglich dann recht bemerkbar, wenn er nur von einer Seite auf einen Körper einwirkt, wo kein Gegendruck Statt findet. Die Atmosphäre ist im Stande, vermöge ihres Drucks, alle jene Erscheinungen hervorzubringen, deren Grund die ältern Naturforscher in einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume (horror vacui) zu finden glaubten.

I. Wenn man ein Trinkglas ins Wasser taucht, so dass es sich füllt, und es nun umgekehrt wieder herauszieht, so erhebt sich mit demselben zugleich das in ihm befindliche Wasser, und bleibt darin so lange, als der Rand des Glases noch untergetaucht ist. Diese Erscheinung beruht nämlich darauf, dass der Druck, welchen die Atmosphäre auf die Oberfläche des Wassers ausübt, sich nach allen Seiten, und also auch auf das in dem Glase befindliche Wasser fortpflanzt und daher nicht heruntersinken lässt. Wenn man die Mündung des Glases über

die Wasserfläche emporhebt, so fliesst das in dem Glase befindliche Wasser heraus, indem alsdann die Luft hineindringt.

II. Ebenso wird auch der Wein in dem Stechheber oder in der sogenannten Weinpumpe durch den Druck der Luft zurückgehalten. Derselbe fliesst augenblicklich heraus, wenn man den Daumen von der oberen Oeffnung wegzieht; weil er alsdann nicht blos an der untern, sondern auch an der oberen Mündung von der Luft gedrückt wird, folglich sich selbst überlassen ist und gemäss seiner Schwere herauslaufen kann.

III. Das Aufsteigen des Wassers in der sogenannten Saugpumpe wird ebenfalls durch den Druck der Luft bewirkt und ist folgender Massen zu erklären. Anfangs ist die ganze Pumpenröhre voll Luft, welche auf das unten befindliche Wasser ebenso stark drückt, als die äussere Luft auf die ganze Oberfläche des Wassers in dem Brunnen; indem man aber den Kolben fortwährend auf- und abschiebt, wobei die Klappen desselben und der Pumpenröhre sich wechselweise öffnen und schliessen, wird die Luft in der Pumpenröhre immer mehr ausgedehnt, so dass sie an Elasticität immer mehr abnimmt, folglich auch auf das unten befindliche Wasser immer weniger zu drücken vermag; dieses muss also, vermöge des Drucks der Atmosphäre, gemäss den Gesetzen der Hydrostatik nach und nach in die Pumpenröhre aufsteigen, in dem Masse, wie die Elasticität und der Widerstand der in derselben noch zurückgebliebenen Luft abnimmt, bis es endlich eine Höhe von ungefähr 32 Fuss Rhein. erreicht, und mit der Atmosphäre ins Gleichgewicht kömmt.

IV. Der Druck der Luft ist auch die Ursache, warum der Wein oder das Wasser aus einem Gefässe durch den zweiarmigen Heber ausfliesst. Wenn man nämlich den kürzeren Theil des Hebers in ein Gefäss mit Wasser steckt, und an der Oeffnung des längeren Theiles, welche ausserhalb und zwar unter dem Niveau des Wassers sich

befindet, mit dem Munde die Luft aussaugt, so steigt das Wasser in dem kürzeren Theile auf und strömt sodann durch den längeren Theil aus; und dieses Ausfliessen dauert so lange, als der kürzere Theil noch untergetaucht ist, und die Oeffnung des längeren Theiles sich noch unter dem Niveau des Wassers befindet. Bei dem ersten Anblick könnte es auffallend erscheinen, dass der Druck der Luft das Ausfliessen des Wassers nicht verhindert; allein wenn man erwägt, dass die in dem äussern längeren Heberarme befindliche Wassersäule an senkrechter Höhe und somit auch an Schwere die in dem kürzern Heberarme befindliche Wassersäule übertrifft, so erkennt man auch, dass beide nicht mit einander im Gleichgewicht stehen, und dass die erstere, gemäss ihrer grösseren Schwere, den Druck der Luft eher überwinden könne, als letztere. Dass das Ausfliessen des Wassers hier wirklich von einem Drucke der Luft herrühre, erhellet daraus, dass es nicht statt findet, wenn die Atmosphäre von dem Innern des Gefässes abgeschlossen ist, und auf das in ihm befindliche Wasser keinen Druck ausüben kann, wie es z. B. der Fall ist, wenn der Heber in die Oeffnung des Gefässes luftdicht eingekittet worden ist.

V. Da das Quecksilber ungefähr 14 Mal schwerer ist als das Wasser, so muss die Quecksilbersäule, welche mit der Atmosphäre im Gleichgewichte steht, auch ungefähr 14 Mal kleiner sein als die Wassersäule, welche in der Pumpenröhre durch den Druck der Luft aufgehoben wird, und so verhält es sich auch in der That. Wenn man eine gläserne, recht trockene Röhre, welche an einem Ende verschlossen und länger als 28 Par. Zoll ist, mit reinem, gekochtem Quecksilber anfüllt, die Oeffnung mit dem Finger zuhält, sie sodann umkehrt und mit dem unteren Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss taucht, sie vertikal hält, und nun den Finger von der Oeffnung wegzieht, so sinkt die Quecksilbersäule ein wenig herunter, bleibt aber auf einer Höhe von ungefähr

28 Par. Zoll über der Oberfläche des Quecksilbers im Gefässe. *Evangelista Torricelli* machte dieses Experiment zuerst und zwar im Jahre 1643, wesswegen auch diese Röhre mit Quecksilber die torricellische Röhre (tubus torricellianus), und der über dem Quecksilber befindliche leere Raum, die torricellische Leere (vacuum torricellianum) genannt worden ist. Wenn man ein wenig Luft in den leeren Raum der torricellischen Röhre einlässt, so sinkt die Quecksilbersäule beträchtlich tief herunter, so dass eine weit grössere Menge Quecksilber unten herausläuft, als man Luft hineingelassen hat. Dieses kömmt daher, weil die eingelassene Luftmasse, vermöge ihrer expansiven Kraft, sich ausbreitet und die Quecksilbersäule herunterdrückt.

Wenn man eine torricellische Röhre längere Zeit hindurch ruhig stehen lässt und sorgfältig beobachtet, so bemerkt man, dass das Quecksilber darin nicht immer auf derselben Höhe beharrt, sondern manchmal etwas tiefer sinkt, manchmal auch wieder etwas höher steigt; und dieses kömmt daher, weil der Druck der Luft sich auch nicht immer gleichbleibt, sondern bei den Veränderungen, welche so häufig in der Atmosphäre Statt finden, an Stärke bald ab-, bald zunimmt. Diese Beobachtung gab denn auch Anlass, dass man ein besonderes Instrument verfertigte, um damit die Schwere der Luft oder die Stärke des Luftdruckes zu messen, welches daher auch den Namen «Barometer» erhalten hat. Das Barometer ist eigentlich nur eine torricellische Röhre, deren unteres Ende aufwärts umgebogen und gewöhnlich blasenförmig erweitert ist, und blos als Behälter für das Quecksilber anstatt des bei der einfachen torricellischen Röhre erwähnten untergesetzten Gefässes dient. Diese Röhre ist ihrer ganzen Länge nach auf ein Brett befestigt, an desen oberen Theile eine Scale sich befindet, welche in Zolle, Linien u. s. w. abgetheilt ist, so dass man hieran, das Sinken und Steigen des Queksilbers in dem oberen Theile

der Glasröhre genau bemessen kann. Da die Veränderungen des Barometerstandes gewöhnlich mit, und öfters sogar noch einige Zeit vor den merklichen Veränderungen der Witterung Statt finden, so hat man durch sorgfältige Beobachtung und Vergleichung der entsprechenden beiderseitigen Veränderungen eine gewisse ziemlich constante Uebereinstimmung derselben gefunden, so z. B. dass das Quecksilber bei regnerischem Wetter, ferner bei starkem Winde, wie auch bei zunehmender grosser Hitze sinkt und im Gegentheil, bei heiterem Himmel, ruhiger Atmosphäre, wie auch bei abnehmender Wärme oder zunehmender Kälte steigt. Diese Veränderungen des Barometerstandes beruhen auf entsprechenden Veränderungen des Drucks der Luft und lassen sich folgender Massen erklären.

1) Das Quecksilber sinkt bei regnerischem Wetter; weil die Luft alsdann wegen der Feuchtigkeit weniger Elasticität besitzt, und weil sie alsdann auch specifisch leichter wird, und selbst auch an absolutem Gewicht verliert, indem die in ihr befindlichen Dünste sich verdichten, zu Tropfen sammeln und zu Erde fallen.

2) Das Quecksilber sinkt bei starkem Winde; theils weil die Luft alsdann leichter wird, indem ein grosser Theil davon in andere Gegenden übergeht, und theils, weil die Luft wegen ihrer schnellen Bewegung nicht mit ganzer Schwere drücken kann.

3) Das Quecksilber sinkt, wenn die Wärme sehr zunimmt und einen hohen Grad erreicht; weil die Luft alsdann sehr ausgedehnt, verdünnt, mithin auch rarer und specifisch leichter wird.

Unter den entgegengesetzten Verhältnissen aber kann das Quecksilber steigen, und zwar geschieht dieses unter folgenden Bedingungen.

1) Wenn die Atmosphäre heiter und ruhig ist; weil alsdann viele Dünste von der Erde aufsteigen, sich der Luft beimischen, und sowohl durch ihr Gewicht, als auch durch ihre Elasticität den Druck derselben verstärken.

2) Das Quecksilber steigt, wenn die Wärme beträchtlich abnimmt, oder wenn die Kälte zunimmt; weil dann die Luft dichter und schwerer wird und folglich auch stärker drückt.

Dass das Quecksilber wirklich durch den Druck der Luft in der Glasröhre gehalten werde, geht daraus deutlich hervor, dass dasselbe nach und nach tiefer heruntersinkt, wenn der Druck der Luft abnimmt. Denn wenn man das Barometer unter eine Glasglocke bringt und die Luft nach und nach herauspumpt, so sinkt das Quecksilber nach und nach tiefer herunter; weil alsdann die Elasticität der unter dem Recipienten befindlichen Luft immer mehr abnimmt. Ebenso sinkt auch das Quecksilber, wenn das Barometer in höhere Regionen der Atmosphäre gebracht wird, wenn man z. B. mit demselben hohe Berge besteigt oder sich mit einem Luftball erhebt, und zwar aus dem Grunde, weil dann die Luftsäule, welche auf dem Quecksilber ruht, immer kürzer, folglich auch leichter wird. So beträgt z. B. der mittlere Barometerstand an der Oberfläche des Meeres ungefähr 28,1183 Par. Zoll, während er auf dem Gipfel des Montblanc, welcher 2454 Toisen über der Meeresfläche emporragt, bei der Beobachtung von *Saussure* nur 16,108 Par. Zoll betrug.

Da eine Quecksilbersäule von ungefähr 28 Par. Zoll Höhe der Luft das Gleichgewicht hält, so ist der Druck, welchen diese auf einen Körper ausübt, gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule von eben bemeldeter Höhe, deren Basis der Oberfläche dieses Körpers gleich ist. Auf diesem Drucke nun beruhen diejenigen Erscheinungen, welche man an jenen Körpern wahrnimmt, die einen leeren Raum oder eine Luftmenge von geringer Elasticität einschliessen. Nimmt man z. B. eine kleine, an einem Ende verschlossene Röhre und saugt mit dem Munde die Luft so viel als möglich heraus, so bleibt sie an der Zunge oder an den Lippen hängen; indem sie durch den Druck, welchen die Luft auf das verschlossene Ende derselben ausübt, festgehalten wird. Aus der nämlichen Ursache

haftet die Glasglocke sehr fest an dem Teller der Luftpumpe, wenn man die Luft aus demselben so viel als möglich ausgepumpt hat. Der Recipient würde unter dem starken Drucke der Luft zerbrechen, wenn er nicht wegen seiner Dicke und Wölbung eine hinreichende Stärke besässe. Wenn man anstatt eines solchen Recipienten einen hohlen, an beiden Enden offenen Cylinder gebraucht, auf die obere Oeffnung desselben eine Scheibe von Fenster- oder Spiegelglas luftdicht aufkittet, und nun die Luft daraus wegpumpt, so ist der Druck der Atmosphäre im Stande, die Glasscheibe zu zersprengen und ihre Trümmer mit grosser Gewalt in den Cylinder hineinzutreiben. Am stärksten zeigt sich der Druck der Luft, wenn man zwei hohle, messingene Halbkugeln mit ihren wohlpassenden Rändern zusammenfügt und die Luft daraus so viel als möglich wegpumpt; denn alsdann haften dieselben sehr fest an einander, so dass man eine grosse Kraft anwenden muss, um sie senkrecht von einander zu reissen. Je grösser der Durchmesser dieser Halbkugeln ist, desto stärker haften sie an einander, weil dann auch der Druck der Luftsäule um so grösser ist. Die Halbkugeln des *Otto von Guerike* zu Magdeburg, ihres Erfinders, hatten einen Durchmesser von 1 ½ Schuh Rhein. und konnten durch sechzehn Pferde, (wovon auf beiden Seiten acht angespannt waren) nicht von einander gerissen werden. Dass dieses Aneinanderhaften der Magdeburgischen Halbkugeln von dem Drucke der Luft herrührt, erhellet daraus, dass dieselben leicht getrennt werden können, wenn man wieder eine angemessene Menge atmosphärische Luft hineinströmen lässt, oder wenn man auch den Druck der äussern Luft aufhebt, indem man die Halbkugeln unter einen Recipienten bringt, und die Luft daraus soviel als möglich wegpumpt.

Nach dieser Abschweifung fahre ich fort, wo ich vorhin (§. 10.) aufgehört habe, meine Ansicht weiter zu entwickeln.

§. 12.

Ueber die Elasticität der Luft im Besondern.

Gleich den andern Körpern, strebt auch die Luft ihr gewöhnliches Volumen zu behaupten, und wenn es verändert worden ist, dasselbe wieder herzustellen, und zwar entweder einen kleineren oder grösseren Raum einzunehmen, je nachdem ihr Volumen vorher vermehrt oder vermindert worden war.

Um sich einen deutlichen Begriff von der contractiven und expansiven Elasticität der Luft zu machen, kann man dieselbe mit einem Metalldrathe vergleichen, welcher in parallel laufenden Windungen cylinderförmig gebogen, und sowohl einer contractiven als expansiven Elasticität fähig ist. Wenn nämlich die Windungen des Drathes etwas weiter von einander gezogen werden, so streben sie wieder näher zusammenzurücken und die ganze Drathfeder äussert somit eine contractive Kraft, welche desto grösser erscheint, je weiter die Windungen (innerhalb gewisser Grenzen) von einander gezogen worden sind; wenn im Gegentheil die Windungen des Drathes näher an einander gepresst werden, so streben sie sich wieder von einander zu entfernen und die ganze Drathfeder äussert somit eine expansive Kraft, welche desto grösser erscheint, je enger die Windungen zusammengepresst wurden. Auf eine ganz ähnliche Weise verhält es sich mit der Luft, jedoch mit dem Unterschiede, dass hierbei die Ausdehnung und Zusammenpressung nicht auf so enge Grenzen beschränkt sind, sondern viel weiter getrieben werden können, als bei einer Drathfeder, und dass die contractive und expansive Elasticität der Luft stets nach allen Richtungen und zwar mit gleicher Kraft zu wirken vermag. Die Art und Weise, wie die Contractivität und die Expansivität der Luft entsteht und wirkt, soll nun insbesondere noch etwas näher erörtert werden.

A) Contractivität der Luft.

Wenn die Luft in einem Gefässe distrahirt wird, so strebt sie sich wieder zusammenzuziehen und zu verdichten, und zwar mit einer Stärke, welche der Grösse der Distraction entspricht und mit der Dichtheit der Luft in einem umgekehrten Verhältnisse steht Diese Contractivität der ausgedehnten Luft lässt sich von der Anziehung der Gefässwände ableiten und folgender Massen erklären.

Da die Attractivität der Körper sich in die Ferne erstreckt, wie wir schon früher (§. 5.) gefunden haben, so können die Wände des Gefässes nicht nur diejenige Luft, welche sie unmittelbar berühren, sondern auch entferntere Theile derselben anziehen. Die Anziehkraft des Gefässes wirkt stärker und weiter in die Ferne, wenn die Luft in demselben durch eine Distraction dünner und rarer geworden ist; denn da die Wände des Gefässes alsdann in ihrer Nähe weniger Luft vorfinden und anziehen, so ist ihre Anziehkraft daselbst weniger beschäftigt, kann also auch stärker auf entferntere Luft wirken. Wenn also die Luft in dem Gefässe mehr distrahirt wird, so muss die Anziehkraft der Wände nach und nach stärker und weiter in die Ferne wirken, so dass endlich selbst die einander diametral entgegengesetzten Theile des Gefässes auf einander wirken, sich gegenseitig anziehen können, und zwar um so stärker, je rarer, dünner die in ihrem Zwischenraume befindliche Luft ist.

Gleichwie nun die Wände des Gefässes vermöge ihrer wechselseitigen Anziehung gegen einander zu rücken, und zugleich auch mehr Luft gegen sich heranzuziehen und mithin zu verdichten suchen, so streben auch die Lufttheilchen näher zusammenzufahren und einen kleineren Raum einzunehmen; denn indem die gesammte Luftmasse zugleich nach allen Seiten und zwar mit gleicher Stärke angezogen, und mithin gleichsam nach der Mitte zusammengezogen wird, bekömmt sie den Trieb sich zusammenzuziehen, zu concentriren.

Die Contractivität der distrahirten Luft erscheint also nicht als eine ganz unabhängige Eigenschaft, sondern sie ist wesentlich durch die Anziehung der die verdünnte Luft umgebenden Körper oder Gefässwände bedingt, und richtet sich genau nach der Stärke, womit die Anziehkraft derselben in die Ferne wirkt.

Dass die distrahirte Luft wirklich eine solche Contractivität besitze, dafür spricht auch unter andern noch die Erscheinung, dass in der distrahirten Luft unter dem stark ausgepumpten Recipienten die tropfbaren Flüssigkeiten, z. B. Naphta, Weingeist, Wasser u. s. w. sehr stark distrahirt werden, sich schnell ausbreiten und verdünsten (S. 41 u. 42). Ferner spricht dafür auch das Gefühl, welches wir haben, wenn unsere Haut mit einer distrahirten Luftmasse in Berührung steht. Wenn man nämlich einen hohlen Glascylinder auf den Teller der Luftpumpe stellt, die obere Oeffnung desselben mit der Hand genau verschliesst, und nun die Luft in demselben durch das wiederhohlte Ausziehen des Kolbens der Luftpumpe distrahiren lässt, so fühlt man sehr bestimmt und unzweideutig, dass das Fleisch der Hand tiefer in die Oeffnung des Cylinders gezogen wird, und zwar nach und nach immer stärker, je weiter man die Luft in demselben distrahirt. Um sich zu überzeugen, dass hierbei kein Vorurtheil obwalte, lasse man Personen, welche von dem Zwecke dieses Versuches nichts wissen, die obere Oeffnung des Cylinders zuhalten, und alle werden in der Angabe des Gefühles ihrer Hand übereinstimmen. Denselben Erfolg kann man leicht erhalten, wenn man einen kleinen hohlen und luftdichten Körper, z. B. ein kleines Gläschen oder einen hohlen Schlüssel mit dem Munde aussaugt; denn alsdann wird die Lippe oder Zunge in die Oeffnung des hohlen Körpers, und dieser selbst gegen den Mund sehr deutlich fühlbar hingezogen, und zwar so stark, dass er leicht daran hängen bleibt.

Die Contractivität richtet sich jedoch nicht blos nach der Dichtheit der Luft, sondern auch nach der Temperatur derselben und der sie umgebenden Körper. Denn da die Wärme alle Körper expandirt und die gegenseitige Anziehung derselben vermindert, und da die Contractivität der verdünnten Luft durch die Anziehung der sie umgebenden Körper wesentlich bedingt wird, wie wir bereits gesehen haben, so erhellet auch, dass die Stärke der Contractivität zu- oder abnehmen muss, je nachdem die Wärme ab- oder zunimmt. Die Contractivität kann auch ganz aufhören, wenn die Luft durch einen hohen Grad von Wärme expandirt und somit in einen Zustand von Expansivität versetzt wird. Aus diesem Grunde beginnt die in den Schröpfköpfen durch die Wärme verdünnte Luft erst dann sich zusammenzuziehen, wenn dieselbe wieder erkaltet. Die Contractivität der verdünnten Luft kann demnach um so mehr zunehmen, je mehr die Wärme abnimmt.

B) Expansivität der Luft.

Wenn man die Luft comprimirt, so leistet sie Widerstand und zwar desto mehr, je enger sie zusammengepresst wird, und dabei strebt sie beständig sich wieder auszubreiten, und sie nimmt wirklich ihr früheres Volumen wieder an, wenn sie durch kein Hinderniss mehr zurückgehalten wird. Diese Expansivität beruht darauf, dass ebensoviel Wärmestoff, als bei der Zusammenpressung aus der Luft verdrängt worden ist, beständig von allen Seiten in dieselbe eindringen will, um sie gemäss ihrer Wärmecapacität zu expandiren und auf ihr normales Volumen zurückzuführen. Der Wärmestoff dringt auch wirklich hinein und bewirkt eine solche Expansion, sobald die Luft von ihrer Einschränkung befreit wird, oder an expansiver Kraft so zugenommen hat, dass sie im Stande ist, die Hindernisse zu überwinden.

Dass die Luft bei der Zusammenpressung Wärmestoff abgibt, haben wir bereits früher (§. 9.) gesehen, und dass die zusammengepresste Luft bei ihrer Expansion wirklich Wärmestoff aus der Umgebung in sich aufnimmt, dafür spricht die Erscheinung, dass überhaupt alle Körper bei Vergrösserung ihres Volumens Wärmestoff absorbiren, und besonders noch der Umstand, dass bei dem schnellen Entladen einer Windbüchsflasche an ihrer Mündung häufig Eis entsteht.

Die Luft hat von Natur nicht das Streben sich immer weiter auszubreiten, wie von den Physikern allgemein angenommen wird, sondern sie bekömmt eine expansive Kraft nur unter gewissen Umständen, nämlich durch eine Zusammenpressung, oder durch die Einwirkung der Wärme. Alle Gründe, welche man für die natürliche, unbedingte Expansivität der Luft anzuführen pflegt, sind nur scheinbar und in der That ganz unstatthaft, wie sich bei einer näheren Untersuchung derselben ergeben wird. Die Erscheinung z. B., dass die Luft sich leicht ausbreitet und sogleich jeden Raum einnimmt, welcher von einem andern Körper verlassen wird, lässt sich sehr einfach und befriedigend erklären, ohne die obenerwähnte unbedingte Expansivität anzunehmen. Da nämlich zwischen der Luft und den andern Körpern eine gegenseitige Anziehung und Adhärenz Statt findet, wie wir bereits früher (§. 5.) gesehen haben, so muss die Luft, vermöge dieser Anziehung und Adhärenz, dem wegrückenden Körper sogleich nachfolgen, und also den von ihm verlassenen Raum einnehmen; so muss z. B. bei dem Gebrauche der Luftpumpe die Luft theilweise aus der Glasglocke hervortreten und in die Höhle der Pumpe übergehen, indem sie bei dem Ausziehen des Kolbens, vermöge der Adhärenz, mit fortgezogen und also auch ausgedehnt wird. — Die Erscheinung, dass die Luft durch die Wärme expandirt wird, ist für uns ebenfalls kein hinreichender Grund, der Luft eine unbedingte Expansivität zuzuschreiben, da auch alle

andere Körper, selbst die festesten Metalle mit zunehmender Wärme an Umfang zunehmen. Ebenso wenig beweisst die Erscheinung, dass die Luft, wenn sie zusammengepresst worden ist, sich wieder auszubreiten strebt. Denn daraus lässt sich nicht folgern, dass die Luft, auch wenn sie nicht zusammengepresst ist, und selbst bei jedem Grade der Verdünnung sich immer noch weiter auszubreiten strebe. Und eine solche absolute, unendliche Expansivität ist hier um so weniger anzunehmen, da auch alle andere zusammengepressten Körper sich wieder auszubreiten streben, und da selbst diese expansive Kraft auch ohne die fragliche Hypothese, aus Erfahrungssätzen sehr einfach und befriedigend erklärt werden kann. —

Die Erscheinung, dass eine schlaffe Thierblase unter dem Recipienten der Luftpumpe bei dem wiederholten Ausziehen des Kolbens anschwillt, beruht nicht auf einer eigenmächtigen Expansion der in ihr eingeschlossenen Luft, sondern auf einer Distraction; indem die Blase und die in ihr eingeschlossene Luft ebenso wie die übrige unter dem Recipienten befindliche Luft durch das Ausziehen des Kolbens der Pumpe distrahirt wird. Aus dem nämlichen Grunde muss auch die in dem Wasser, Quecksilber und in andern tropfbaren Flüssigkeiten befindliche Luft unter dem Recipienten bei dem wiederholten Ausziehen des Kolbens der Pumpe hervortreten; denn hierbei wird nicht nur die unter dem Recipienten befindliche Luft, sondern auch das Wasser oder Quecksilber und die in demselben befindliche Luft mit distrahirt; letztere muss demnach, sowie sie bei der Distraction ein grösseres Volumen bekömmt, sich von den Wasser- oder Quecksilbertheilen, woran sie gebunden war, trennen, in Form von kleinen Bläschen aufsteigen und an der Oberfläche erscheinen, wo diese leicht zerplatzen und mit der andern distrahirten Luft sich vereinigen können. — Ein beständiges Streben sich immer weiter auszubreiten könnte die Luft nur dann wirklich haben, wenn die Lufttheilchen

bloss mit einer Abstosskraft begabt wären und selbst in beträchtlicher Entfernung sich beständig einander abstiessen; da sie aber selbst bei der genauesten Beobachtung keine Abstosskraft wahrnehmen lassen und im Gegentheil eine beträchtliche Anziehkraft zeigen (§. 5.), so ist die fragliche Expansivität der Luft ganz unbegründet, ja selbst unmöglich. —

§. 13.

Ueber die Contractivität der Atmosphäre und ihre Veränderungen.

Es ist nicht zu läugnen, dass diejenigen Weltkörper, welche durch Gravitation auf die Erde wirken, zugleich auch die Atmosphäre derselben anziehen. Die Luft unserer Atmosphäre wird also nicht blos von der Erde, sondern auch von dem Monde, von der Sonne und den Planeten, wie z. B. Venus, Mars, Jupiter u. s. w., gemäss ihrer Grösse und Entfernung angezogen, und zwar periodisch abwechselnd mehr oder weniger, je nachdem die Entfernung derselben ab- oder zunimmt. Demnach können vorzüglich der Mond und die Sonne, gleichwie sie die Ebbe und Fluth des Meeres hervorbringen, ebenso auch eine periodische Fluctuation in der Atmosphäre bewirken, indem sie dieselbe periodisch abwechselnd bald mehr bald weniger anziehen. Die atmosphärische Luft kann der Anziehung dieser Weltkörper viel leichter und weiter folgen, als das Wasser des Meeres, da sie nicht nur eine grosse Strecke weit über die Oberfläche desselben emporragt, sondern auch eine viel geringere Schwere besitzt, und daher sehr leicht bewegt und selbst in einem sehr hohen Grade ausgedehnt, distrahirt werden kann *).

*) Demnach lässt sich nicht annehmen, dass unsere Atmosphäre sich nur auf eine Höhe von 8 — 10 deutsche Meilen erstrecke, sondern es ist vielmehr wahrscheinlich, dass sie sich allmählich verdünnend viel weiter gehe. Es ist auch wahrscheinlich, dass die andern Weltkörper ebenfalls von einer

Dass Sonne und Mond unsere Atmosphäre anziehen und in derselben Schwankungen hervorbringen, gleich der Ebbe und Fluth des Meeres, wurde bereits von vielen Naturforschern angenommen, z. B. von *Newton*, *Sigorgne*, *Frisius*, *Sigaud de la Fond* u. s. w. Viele sahen selbst in dem Einflusse des Mondes auf die Atmosphäre, eine vorzügliche Ursache der Winde und Witterungswechsel, wie z. B. *Bernoulli*, *D'Alembert*, *Mead*, *Toaldo*, und vorzüglich die ältern Physikern, als *Baco*, *Gassendi*, *Des Chales*, *Dampier*, *Halley*, *Mann* u. a. Mehrere z. B. *Chiminello*, *Lamark*, *Toaldo*, *Cotte*, *Späth* und Andere schlossen aus den Barometerveränderungen auf periodische Schwankungen der Atmosphäre, welche durch den Einfluss der Sonne und des Mondes erzeugt werden sollten. *Frisius* schätzte die Schwankung des Barometers durch den Einfluss der Sonne auf $^1/_{158}$ Linie und durch den des Mondes auf $^1/_{48}$ Linie. *Cotte* folgert aus zahlreichen eigenen und fremden Beobachtungen, dass die Sonne zwar durch ihre Wärme keinen Einfluss auf den Barometerstand habe, wohl aber durch ihre Anziehung. Nach *Laplace* können Schwankungen des Barometers als Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes Statt finden, und zwar theils durch directe Anziehung dieser Himmelskörper, theils durch die Gestaltänderung des Oceans, als Basis der Atmosphäre, und endlich durch die Anziehung des veränderlichen Meeres gegen die Atmosphäre. — Nach sechsjährigen Beobachtungen in Paris beträgt die durch die Sonne bewirkte Schwankung, welche schon in wenig Tagen bemerklich wird, eine um 9 Uhr Statt findende Erhöhung von 0,8 Millimeter über das Minimum um 3 Uhr Nachmittags *). Der Einfluss des Mondes ist weit schwerer

ihrer Grösse angemessenen Atmosphäre umgeben sind, und dass der grosse Zwischenraum mit einer ähnlichen, aber äusserst dünnen Luft erfüllt ist.

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 927-28.

wahrzunehmen, weil er durch den Einfluss der Sonne und durch anderweitige Veränderungen in der Atmosphäre bald mehr bald weniger modificirt und verdeckt wird; jedoch lässt sich finden, dass er in den Syzygien eine Verminderung der täglichen Variation, und in den Quadraturen eine Vermehrung bewirkt, welche aber nicht mehr als $0^{mm},05443$ beträgt, und um 3^{h} 18′ 36″ in Paris Statt findet. Aus den Beobachtungen, welche *Flaugergues* vom 19. October 1808 bis zum 18. October 1828 zu Viviers angestellt hat, ergibt sich ganz deutlich, dass das Barometer während eines synodischen Umlaufes des Mondes eine regelmässige periodische Schwankung zeigt. Das Quecksilber steigt nämlich vom zweiten Octanten, wo es am niedrigsten steht, bis zur zweiten Quadratur, wo es am höchsten steht, und sinkt darauf bis zum zweiten Octanten. Der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande dieser Periode beträgt $1^{mm}, 44$. *).

Demnach erscheint die Veränderung, welche durch die Ab- und Zunahme des Einflusses der Sonne und des Mondes an dem Barometer hervorgebracht wird, zwar gering; dieses kömmt aber daher, weil die Luft, als eine leicht bewegliche und sehr distractibele Flüssigkeit, die Störungen des Gleichgewichtes, welche in Folge der Ab- und Zunahme des Einflusses jener Weltkörper langsam und periodisch eintreten, nicht gross werden lässt, indem die Wirkung derselben sich schnell über einen grossen Theil der Atmosphäre verbreitet und also durch Ausgleichung das gestörte Gleichgewicht bald wieder hergestellt wird. Ferner ist zu bemerken, dass die Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre und den Barometerstand nicht wohl in ihrem eigentlichen Werthe erkannt werden kann; weil gleichzeitig noch andere Veränderungen in der Atmosphäre Statt finden, welche ebenfalls auf das Barometer einwirken und mehr oder weniger beträchtliche

*) Meteorologie von *Kämtz*. Thl. III. S. 346 – 47

Veränderungen an demselben hervorbringen können. Und obgleich die Schwankung, welche an dem Barometer während der Ab- und Zunahme des Einflusses der Sonne und des Mondes beobachtet wird, gering erscheint, so kann doch die Totalanziehung, welche die Atmosphäre beständig von beiden Weltkörpern erleidet, sehr gross sein, gleichwie auch die Erde selbst fortwährend sehr stark von denselben angezogen wird.

Da nun die Luft unserer Atmosphäre nicht nur von der Erde, sondern auch von andern Weltkörpern, namentlich von dem Monde und der Sonne beständig angezogen und also nach verschiedenen Richtungen distrahirt wird, so muss sie auch ebenso, wie die distrahirte Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe (§. 12.), sich stets in einem Zustande von Spannung und Contractivität befinden, folglich auch streben sich mehr zusammenzuziehen. Die Stärke dieser Distraction und Contractivität ist nicht in allen Theilen der Atmosphäre gleich, sondern richtet sich nach der Dichtheit der Luft. An der Erdoberfläche ist die Luft am dichtesten, am wenigsten distrahirt; weil da die Anziehung der Erde am meisten vorwaltet, die Anziehung der andern Weltkörper hingegen am geringsten ist. Je weiter die Luft von der Erdoberfläche entfernt ist, desto rarer, dünner erscheint sie, weil sie da mehr distrahirt wird, indem mit fortschreitender Entfernung von der Erde die vorwaltende Anziehung derselben immer mehr ab-, die Einwirkung der andern Weltkörper hingegen immer mehr zunimmt. Demnach muss die Contractivität der Luft in den unteren Schichten der Atmosphäre am geringsten sein und in den oberen Schichten allmählig zunehmen, in dem Verhältniss, wie die Dichtheit der Luft abnimmt.

Da die Anziehung der Sonne und des Mondes, abgesehen von der Grösse ihrer Massen, sich umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernung derselben, so ist ihre Einwirkung nicht in allen Theilen der Erdoberfläche und ihrer Atmosphäre, auch nicht zu allen Zeiten von

gleicher Stärke, sondern sie muss ab- oder zunehmen, je nachdem die Erde und ihre Atmosphäre überhaupt, wie auch die einzelnen Theile derselben insbesondere, mehr oder weniger von jenen Weltkörpern entfernt sind. Sonne und Mond können diejenigen Theile der Erde und ihrer Atmosphäre am stärksten anziehen, welche ihnen gerade zugewendet und am nächsten sind; dahingegen sie diejenigen Theile, welche von ihnen abgewendet und am weitesten entfernt sind, am schwächsten anziehen. Daher ist die Anziehung und Distraction der atmosphärischen Luft nicht in allen Breitegraden der Erde gleich, sondern am stärksten da, wo der Mond genau oder beinahe im Zenith steht; sie muss also am Aequator und in den Tropengegenden überhaupt stärker sein, als in höheren Breitegraden. Sie bleibt sich aber auch nicht zu allen Zeiten gleich, sondern kann periodisch abwechselnd zu- und abnehmen; so ist sie z. B. in unsern Gegenden zur Zeit, wo der Mond in der nördlichen Hemisphäre sich befindet, stärker, als zur Zeit, wo derselbe sich in der südlichen Hemisphäre aufhält; ferner ist sie auch während der Erdnähe stärker, als in der Periode der Erdferne. Gleichwie die Einwirkung des Mondes nach Verschiedenheit seiner Entfernung und Stellung zu den einzelnen Theilen der Erde modificirt wird, so muss auch die der Sonne nach den verschiedenen Verhältnissen derselben modificirt erscheinen. Sie ist z. B. unter dem Aequator stärker, als in höheren Breitegraden, in unsern Gegenden während des Sommers stärker, als zur Zeit des Winters u. s. w., wobei jedoch zu bemerken ist, dass die atmosphärische Luft von der Sonne viel weniger angezogen und distrahirt wird als von dem Monde. Ferner muss hier noch erwähnt werden, dass die Anziehung und Distraction der atmosphärischen Luft am grössten ist zur Zeit, wo der Mond und die Sonne ihre Wirkungen mit einander vereinigen; so ist sie z. B. in den Perioden der Nachtgleichen, wo die Sonne sich in der Ebene des Aequators

befindet und der Mond ebenfalls sehr nahe ist, beträchtlich stärker, als wenn die Sonne weit von dem Aequator entfernt ist. Auch ist dieselbe während des Neu- und Vollmondes stärker, als in den Zeiten des ersten und letzten Viertels; denn im ersten Falle, d. h. während der Syzygien wird die Wirkung des Mondes durch die der Sonne noch verstärkt, dahingegen sie im zweiten Falle, d. h. während der Quadraturen, durch die Wirkung der Sonne geschwächt wird. Die Anziehung und Distraction der atmosphärischen Luft ist übrigens am grössten, wenn Neu- oder Vollmond mit der Erdnähe zusammentrifft, und im Gegentheil am kleinsten, wenn das erste oder letzte Mondesviertel in der Erdferne Statt findet. So wie aber die atmosphärische Luft von dem Monde und der Sonne mehr angezogen und distrahirt wird, muss auch ihre Contractivität zunehmen, und zwar in dem Verhältnisse, wie die Dichtheit derselben abnimmt. Demnach muss die Contractivität der Luft am stärksten erscheinen, in jenem Theile der Atmosphäre, welcher am meisten von dem Monde und der Sonne angezogen und distrahirt wird. Jedoch richtet sich die Contractivität der Luft in einem solchen Theile nicht immer genau nach dem Grade der Anziehung jener Weltkörper, sondern sie erreicht anfangs einen beträchtlich hohen Grad, nimmt aber später allmählich wieder ab, obgleich die Anziehung jener Weltkörper in gleicher Stärke noch fortdauert. Wenn nämlich jene Luftmasse durch die verstärkte Anziehung des Mondes und der Sonne beträchtlich mehr distrahirt worden ist und somit verhältnissmässig an Contractivität zugenommen hat, so ist sie im Stande, sich nach und nach wieder zu contrahiren und die Luft aus der Umgegend herbeizuziehen, so dass diese den Raum einnehmen muss, aus welchem jene sich zurückzieht; und auf solche Weise kann die Distraction nach und nach auf einen sehr grossen Theil der Atmosphäre verbreitet werden, so dass dadurch die an einander grenzenden Luftmassen eine gleiche Con-

tractivität erhalten, wie wir bald noch näher sehen werden. — Ausser der Anziehung anderer Weltkörper gibt es noch mehrere Einflüsse, welche auf die Atmosphäre einwirken und die Spannung und Contractivität der Luft beträchtlich modificiren können, wie z. B. die Elektricität, die Wärme und die von der Erde aufsteigenden Dünste und Dämpfe, wie auch die Niederschläge derselben.

Die Elektricität hat auf die Spannung und Contractivität der atmosphärischen Luft, wenn nicht direct, doch indirect einen sehr bedeutenden Einfluss; insofern sie nämlich sowohl zur Aufnahme der Dünste in die Atmosphäre, als auch zur Abscheidung derselben und Bildung von Niederschlägen viel beiträgt und auch öfters starke Luftströmungen hervorbringt, wie in der Folge (§. 20.) noch näher gezeigt werden soll.

Die Wärme wirkt, wie auf alle Körper überhaupt, so auch auf die Luft expandirend, und vermindert die gegenseitige Anziehung ihrer einzelnen Theilchen, und somit auch die Contractivität der Luft. Die Luft muss demnach bei zunehmender Wärme weiter expandirt werden und somit an Contractivität abnehmen; im Gegentheil aber bei abnehmender Wärme an Contractivität zunehmen und demgemäss auch sich mehr zusammenziehen, wie bereits früher (§. 12.) gezeigt wurde. Uebrigens hat die Wärme auch einen sehr bedeutenden indirecten Einfluss, indem die Quantität der zu verschiedenen Tags- und Jahrszeiten in die Atmosphäre aufsteigenden und daraus niederfallenden Dünste grösstentheils von der herrschenden Temperatur abhängt.

Die Dünste oder *Dämpfe* können ebenfalls, wenn sie in die Atmosphäre übergehen oder sich von derselben wieder ausscheiden, die Spannung und Contractivität der Luft beträchtlich modificiren*). — Wenn viele Dünste

*) Die Momente, welche bei dem Aufsteigen der Dünste in die Atmosphäre und dem Niederfallen derselben wesentlich mit-

von der Erdoberfläche aufsteigen und die Atmosphäre erfüllen, so kann die Luft sich mehr zusammenziehen, verdichten, wodurch ihre Contractivität verhältnissmässig vermindert wird. Wenn im Gegentheil viele Dünste in der Atmosphäre sich verdichten, Wolken bilden, oder gar als Regen, Schnee oder Hagel zur Erde fallen, so muss die Luft denjenigen Raum, welcher von diesen verlassen wird, einnehmen, wird also weiter ausgedehnt und muss demnach auch an Contractivität zunehmen. Dass die Dichtheit und Contractivität der Luft durch die Aufnahme und Wiederausscheidung von Dünsten in hohem Grade verändert werden könne, ist sehr begreiflich, wenn man erwägt, wie rasch die Verdünstung gewöhnlich von Statten geht, welche ungeheure Wassermassen die Atmosphäre von der Erdoberfläche in kurzer Zeit aufzunehmen vermag, und in welch hohem Grade das Wasser expandirt und distrahirt sein muss, um in die höheren Regionen der Atmosphäre aufsteigen und in so grosser Menge daselbst in der so dünnen Luft schwebend bleiben zu können. Die Dichtheit und Contractivität der Luft muss besonders dann in einem sehr hohen Grade verändert werden, wenn auf einmal eine sehr grosse Menge von Dünsten sich sehr schnell und so stark verdichtet, dass sogleich grosse, schwere Wolken entstehen, woraus das Wasser alsbald in grossen, häufigen Tropfen, gleichsam in Strömen, oder selbst zu Eis erstarrt, als Hagel zur Erde stürzt, wie es öfters bei Gewittern zu geschehen pflegt.

Verbreitung und Folgen solcher Veränderungen in der Atmosphäre. Alle die bisher erwähnten Veränderungen betreffen nicht blos denjenigen Theil der Atmosphäre, wo sie wirklich Statt finden, sondern ihre Folgen können sich auch auf entferntere Theile derselben erstrecken. Denn da alle Theile der Atmosphäre, welche mit einander in Berührung stehen, sich gegenseitig einander anziehen,

---

wirken, sollen in der Folge (§§. 19, 20, 21.) näher betrachtet werden. —

und da sie stets in einem Zustande von Distraction und Spannung sich befinden, so müssen sie auch mit einander in einem gewissen Gleichgewichte stehen, und wenn dasselbe durch irgend eine Ursache gestört worden ist, es sobald als möglich wieder herstellen.

Demnach muss jedes Mal, wenn die Dichtheit der Luft in irgend einer Gegend durch irgend eine Ursache verändert wird, zugleich eine Verdichtung und eine Ausdehnung Statt finden. Wenn z. B. durch die zunehmende Anziehung des Mondes oder der Sonne die Luft in einer Gegend der Atmosphäre beträchtlich angehäuft und verdichtet wird, so muss die Luft in der Umgegend distrahirt und verdünnt werden, und wenn im Gegentheil die Anziehung jener Weltkörper abnimmt, so wird die vorher angehäufte Luft wieder distrahirt und weiter vertheilt, und zwar dadurch, dass die Luft in der Umgegend sich contrahirt und verdichtet. Ebenso kann auch bei jedem beträchtlichen Temperaturwechsel zugleich eine Contraction und eine Distraction in der Atmosphäre Statt finden. Wenn z. B. an einem Orte die Luft wegen Abnahme der Wärme an Contractivität zunimmt und sich demnach mehr zusammenzieht, so distrahirt sie zugleich die angrenzende Luft der Umgegend, indem diese alsdann vermöge der Anziehung, sogleich nachrücken und den Raum, welchen die erste Luft bei ihrer Contraction verlässt, ganz einnehmen muss. Wenn im Gegentheil an einem Orte die Luft durch vermehrte Wärme expandirt wird und demnach an Contractivität abnimmt, so kann die angrenzende Luft der Umgegend, gemäss ihres relativen Uebergewichtes an Contractivität, sich zusammenziehen, wobei der Raum, aus welchem sie sich zurückzieht, von der nachfolgenden wärmeren Luft eingenommen wird. — Ganz ähnliche Veränderungen können auch Statt finden, wenn eine grosse Menge von Dünsten in kurzer Zeit entweder in die Atmosphäre übergeht, oder sich von derselben ausscheidet. Denn im ersten Falle, wo ein

grosser Raum der Atmosphäre von aufsteigenden Dünsten erfüllt wird, kann die umgebende Luft sich zusammenziehen, verdichten und demnach an Contractivität abnehmen; und im zweiten Falle, wo viele Dünste sich verdichten und aus einem grossen Raume der Atmosphäre zurückziehen, wird die umgebende Luft, welche derselben, vermöge der Cohärenz, sogleich nachrücken und den von ihnen verlassenen Raum einnehmen muss, beträchtlich ausgedehnt und kann demnach an Contractivität zunehmen. — Aus dieser Erörterung ergibt sich ferner, dass jede Luftmasse bei ihrer Bewegung zugleich die mit ihr in Berührung stehende Luftmasse mit sich fortziehen kann, so dass diese sogleich den Raum einnimmt, welchen jene eben verlässt. Auf diese Weise kann die Bewegung, vermittelst der Anziehung und Cohärenz, von einer Luftmasse der andern mitgetheilt und sofort in eine grosse Entfernung fortgepflanzt werden. — Wenn eine Luftmasse durch eine andere schnell fortgezogen wird, so kann sie zugleich, (da sie der fortziehenden Gewalt nicht augenblicklich und ohne Verzug folgen kann, indem sie gemäss ihrer Masse ein gewisses Beharrungsvermögen besitzt, und auch ihrer Seits wieder andere Luftmassen mit sich fortziehen muss), in einem gewissen Grade distrahirt werden, und zwar desto mehr, je schneller sie fortgezogen wird; weil sie dann um so weniger Zeit hat, eine andere Luftmasse aus der Umgegend herbei und in den Raum zu ziehen, welchen sie selbst verlassen soll. Gleichwie nun die erste Luftmasse durch das Fortziehen distrahirt wird, so kann auch jede nachfolgende Luftmasse, welche von der vorhergehenden mit fortgezogen wird, distrahirt werden. — Die Distraction ist anfangs in derjenigen Luftmasse, welche zuerst und unmittelbar von der sich verdichtenden Masse fortgezogen wird, und sogleich den ganzen von ihr verlassenen Raum einnehmen muss, am stärksten, wird aber in der Folge nach und nach wieder geringer, indem die zuerst fortgezogene und so stark distrahirte Luftmasse sich

nach Maassgabe ihrer contractiven Kraft wieder allmählig zusammenzieht, und dadurch die nachfolgende Luftmasse verhältnissmässig distrahirt und mit sich fortzieht. Auf dieselbe Weise kann jede Luftmasse, welche bei dem Fortziehen distrahirt worden ist, sich nachher wieder gemäss ihrer Contractivität allmählig mehr zusammenziehen, indem sie ebenfalls die nachfolgende Luftmasse distrahirt. Demnach kann die Distraction von einer Luftmasse der andern mitgetheilt und dadurch nach und nach in eine grosse Entfernung fortgepflanzt werden, wobei sie aber auch mit zunehmender Entfernung allmählig an Stärke abnimmt. —

Entstehung der Winde. Durch eben erwähnte Veränderungen entstehen viele Winde, indem oft grosse Luftmassen mit grösserer oder geringerer Kraft und Schnelligkeit von einer Gegend der Atmosphäre zur andern fortbewegt werden.

I. Durch die Anziehung, welche andere Weltkörper, z. B. die Sonne und der Mond, auf unsere Atmosphäre ausüben, können beträchtliche Strömungen entstehen, indem grosse Luftmassen gegen diese Gestirne hingezogen und zum Theil genöthigt werden, dem Laufe derselben zu folgen. Hierher gehören z. B. manche Winde, welche in gewissen Gegenden regelmässig abwechselnd erscheinen und zwar in gewissen Jahrszeiten nach bestimmten Richtungen wehen. So wehen z. B. die Moussons in Ostindien gewöhnlich sechs Monate lang einen, und die sechs anderen Monate, den entgegengesetzten Weg, indem sie sich nach der Sonne richten. Wenn nämlich die Sonne südwärts der Linie steht, so wehen sie südwärts; wenn dieselbe aber in der nördlichen Hemisphäre sich befindet, so wehen sie nordwärts. Ebenso weht in Brasilien während unserer Sommermonate ein Südwestwind, während unserer Wintermonate hingegen ein Nordostwind. Auch der Passatwind, d. h. der Ostwind, welcher in der Aequatorialzone beständig weht, kommt nicht bloss von der Umdrehung

der Erde und der Erwärmung der Luft durch die Sonnenstrahlen, sondern auch grossen Theils von der Anziehung der Sonne, indem dadurch die Luft gezwungen wird, dem Laufe derselben zu folgen. Für diese Erklärung spricht auch der Umstand, dass die Richtung des beständigen Windes sich periodisch ein wenig abändert und nach dem Stande der Sonne wendet. — Ferner ist noch zu bemerken, dass durch die Einwirkung der fremden Weltkörper sehr viele und starke Strömungen in den oberen Regionen der Atmosphäre entstehen, wovon man in den untern Schichten an der Erdoberfläche wenig oder gar nichts wahrnimmt.

II. Die Temperaturwechsel können ebenfalls beträchtliche Strömungen in der Atmosphäre hervorbringen. So können Winde besonders dadurch entstehen, dass die Luft, welche durch die Sonnenwärme beträchtlich expandirt und specifisch leichter geworden ist, von der Erdoberfläche aufsteigt und durch eine schwerere, von der Seite herzu strömende kühlere Luft ersetzt wird. Auf solche Weise kann die Sonnenwärme zur Erzeugung, wie auch zur Unterhaltung der obenerwähnten regelmässigen Winde viel beitragen. Aus demselben Grunde haben Küstenländer, besonders in der heissen Zone, bei Tage Seewind, und bei der Nacht Landwind. Bei Tage wird nämlich das Land und mithin auch die darüber befindliche Luft mehr erhitzt, als das Meer; die kühlere, schwere Seeluft strömt daher gegen und über das Land und treibt die wärmere, leichtere Landluft in die Höhe. Bei der Nacht kühlt sich das Land schneller und stärker ab, als das Meerwasser, und daher strömt die kühler und schwerer gewordene Landluft nach der See, und vertreibt die daselbst befindliche wärmere, leichtere Seeluft.

III. Die unregelmässigen Winde werden meistens dadurch veranlasst, dass grosse Massen von Dünsten in der Atmosphäre sich verdichten, Wolken bilden, und als Wasser oder Eis zur Erde niederfallen. Die Winde er-

scheinen an Intensität und Extensität desto bedeutender, je grösser die erwähnten Veränderungen in der Atmosphäre sind, d. h. 1) je grösser die sich verdichtende Masse ist, 2) je kleiner das Volumen ist, welches sie bei ihrer Zusammenziehung annimmt, und 3) je schneller diese Verdichtung von Statten geht. Je bedeutender auf der einen Seite die Contraction ist, desto beträchtlicher ist auf der andern Seite die Distraction und die dadurch hervorgebrachte Bewegung der Luft, d. h. der Wind. So entstehen z. B. heftige Sturmwinde bei starken Gewittern, wenn eine grosse Menge von Dünsten sich sehr schnell und sehr stark verdichtet, so dass in kurzer Zeit grosse Massen schwerer Wolken und daraus heftiger Regen oder selbst Hagel gebildet werden; denn alsdann wird die zunächst angrenzende Luft, welche den von den verdichteten und aus der Atmosphäre abgeschiedenen Dünsten verlassenen Raum sogleich einnehmen muss, sehr stark distrahirt, und kann demnach, vermöge der hierdurch erlangten grossen Contractivität, die angrenzende Luft und vermittelst dieser auch entferntere Luftmassen mit grosser Gewalt und Schnelligkeit herbeiziehen. Der Wind erstreckt sich so weit, als die Contraction und Distraction der Luft nach und nach fortgepflanzt werden, und er dauert so lange, bis diese Contraction und Distraction gleichmässig in der Atmosphäre vertheilt worden sind, und alle dabei betheiligten Luftmassen wieder eine gleiche Spannung und Contractivität erlangt haben.

Gleichheit der Spannung und Contractivität in verschiedenen Theilen der Atmosphäre. Da die Luft sehr leicht beweglich ist, und da alle Theile der Atmosphäre mit einander zusammenhängen und sich stets in einem Zustande von Distraction und Spannung befinden, so ist es einleuchtend, dass die Bewegungen derselben sich sehr schnell fortpflanzen können, und dass demnach auch die Dichtheit, Distraction und Contractivität der Luft in nicht zu weit entfernten Strecken gewöhnlich sehr gleichmässig

und übereinstimmend sein können. Diese Uebereinstimmung ist auf dem Meere, wo die Bewegungen der Luft sich leichter, schneller und weiter fortpflanzen können, viel grösser, als auf dem festen Lande, wo mancherlei Hindernisse im Wege stehen; jedoch ist sie auch hier zuweilen sehr gross, wie aus mehreren Vergleichungen gleichzeitiger Beobachtungen der Barometerstände an verschiedenen, weit von einander entfernten Orten deutlich erhellet. So z. B. fand man die Höhe des Barometers übereinstimmend zu La Chapelle und Florenz auf eine Strecke von 262 lieues, ebenso zwischen Dijon und Gotha, ferner zwischen Bordeaux, Florenz, Maccrata (in der Romagna) Pisa, Udine, Turin, Gotha, Harvid (in Dänemark) und München u. s. w. Ein ähnliches Resultat erhielt *Maraldi* aus einer Reihe gleichzeitiger Beobachtungen zu Paris und Zürich; ebenso *Cotte* durch Vergleichung der Barometerstände zu Bordeaux und Montmorency, wie auch *Ramond* durch Vergleichung der gleichzeitigen Barometerveränderungen zu Paris und Clermont-Ferrand.

Indessen darf es auch nicht befremden, dass die Barometerstände an Orten, welche einen oder mehrere Grade von einander entfernt sind, oft bedeutend von einander abweichen, wenn man erwägt, dass manche Veränderungen in der Atmosphäre an Stärke und Dauer zu unbeträchtlich sind und daher auf kleine Districte beschränkt bleiben; ferner, dass oft an einem Orte sehr schnell beträchtliche Veränderungen in der Atmosphäre Statt finden, z. B. durch schnelle Bildung von Wolken, Regen, oder selbst Hagel, wie es besonders bei Gewittern oft geschieht, wodurch in der nahen Umgebung der Barometerstand sogleich beträchtlich verändert wird, dahingegen in entfernteren Gegenden das Barometer erst später und in einem beträchtlich geringeren Grade afficirt wird. Hierbei ist noch zu bemerken, dass auf dem festen Lande mancherlei Hindernisse und andere Ursachen Statt finden, wodurch die Stärke und Richtung der Luftströmungen

abgeändert werden kann. Diese Differenz der Barometerstände, selbst bei nicht sehr bedeutenden Entfernungen, wird besonders dann bemerkbar, wenn die verschiedenen Orte in ungleichen Höhen sich befinden, in welchem Falle sie in einzelnen Tagen und selbst in einzelnen Monaten beträchtlich sein kann. So z. B. gaben monatliche mittlere Barometerstände zwischen Rolle und Genf, für eine mittlere Höhe von 15^m, 5, noch mehr zwischen Rolle und dem St. Bernhard, für eine mittlere Höhe von 2111^m, 7 und zwischen Genf und dem St. Bernhard, für eine mittlere Höhe von 2097^m eine nicht unmerkliche Differenz *).

§. 14.

Untersuchung, ob und in wiefern die Atmosphäre einen Druck auszuüben vermag.

Da die Atmosphäre sich fortwährend in einem Zustande von Distration und Spannung befindet (§. 13.), so kann sie nicht mit ihrer ganzen Masse und Wucht auf der Erde ruhen, und desshalb, wie auch wegen ihrer geringen specifischen Schwere, nur einen geringen Druck darauf ausüben. Um sich eine Vorstellung zu machen, wie die Atmosphäre schwer sein und doch nicht mit ihrer ganzen Masse und Wucht auf die Erdoberfläche drücken könne, darf man die Luft hier ebenso, wie ich es auch schon früher (§. 12.) gethan habe, mit einem elastischen, in parallelen Windungen cylinderförmig gebogenem Metalldrathe vergleichen. Wenn eine solche Drathfeder hinreichend lang und biegsam ist, auf eine Wage gestellt, und das obere Ende derselben etwas in die Höhe gezogen wird, so können die oberen Windungen sich mehr von einander entfernen, als die unteren, und die Drathfeder ruht nicht mit ihrem ganzen Gewichte auf der Wagschale, sondern nur mit einem Theile, welcher desto kleiner ist, je mehr man das obere Ende und mit ihm die angrenzenden

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 939.

Windungen der Drathfeder in die Höhe zieht. Auf eine ähnliche Weise verhält sich die Atmosphäre, indem sie nicht nur von der Erde, sondern auch von andern Weltkörpern angezogen wird; jedoch mit dem Unterschiede, dass nicht nur der oberste, sondern auch jeder untere Theil der Atmosphäre von jenen fremden Weltkörpern angezogen und distrahirt wird, und zwar nicht blos in zwei diametral entgegengesetzten, sondern zugleich in allen möglichen Richtungen.

Die Luft der Atmosphäre verhält sich gegen die in ihr befindlichen Körpern ungefähr so, wie das vermittelst der Luftpumpe distrahirte Wasser gegen die in demselben untergetauchten Körperchen. Wir haben gesehen (S. 40.), dass das Wasser in dem Masse, wie es durch die über ihm befindliche Luft von der Luftpumpe distrahirt wird, ebenfalls auch die in ihm untergetauchten Körperchen distrahirt, und dass dieselben, wenn sie durch Distraction an Volumen zugenommen haben und somit specifisch leichter geworden sind, in dem Wasser aufsteigen. Obgleich hier die ganze Masse sich in einem Zustande von Spannung befindet und an einen Raum und Umfang von einer bestimmten Grösse gebunden ist, so können doch die einzelnen Theile derselben sich frei unter einander bewegen und gemäss ihrer specifischen Schwere im Gleichgewichte halten. Gleichwie nun dieses distrahirte Wasser die in ihm untergetauchten Körperchen nicht comprimirt, sondern distrahirt, so kann auch die distrahirte Luft der Atmosphäre die in ihr befindlichen Körper nicht comprimiren, sondern distrahiren, und zwar mehr oder weniger, je nachdem sie selbst mehr oder weniger distrahirt ist. Demnach kann die Luft blos nach dem Verhältniss des specifischen Gewichtes die andern Körper mehr oder weniger aufwiegen, die specifisch leichteren auch wirklich in die Höhe heben, wie es z. B. bei dem sogenannten Luftballon der Fall ist; sie ist aber keineswegs im Stande, einen so gewaltigen Druck auf die Kör-

per auszuüben, dieselben so zusammenzupressen, wie man bisher allgemein angenommen hat. Der Druck, welchen demnach die Körper von der Luft erleiden, ist sehr gering und durchaus nicht geeignet, jene Erscheinungen hervorzubringen, welche man gewöhnlich davon herleitet. Selbst wenn auch die Atmosphäre nicht von andern Weltkörpern angezogen würde, sondern blos von der Anziehung der Erde abhinge, so dass sie mit ihrer ganzen Masse und Wucht darauf lastete, was jedoch nicht der Fall ist, so wäre sie doch nicht im Stande alle diejenigen Erscheinungen, welche man ihr zuschrieb, hervorzubringen. In diesem angenommenen Falle könnte die Atmosphäre, gleich wie die tropfbaren Flüssigkeiten, blos vermöge ihres Gewichtes wirken, demnach aber könnte die Luft das im Stechheber befindliche Wasser nicht zurückhalten und am Ausflusse verhindern, und zwar aus dem Grunde, weil sie keinen specifisch schwereren Körper tragen kann. Die Luft ist übrigens auch nicht im Stande, durch ihren Druck das Fliessen des Weines durch den zweiarmigen Heber, das Aufsteigen des Wassers in der Saugpumpe zu bewirken und das Quecksilber in der torricellischen Röhre oder im Barometer zurückzuhalten, wie in der Folge noch näher gezeigt werden soll.

Dass die Atmosphäre wirklich keinen so starken Druck ausübe, wie man gewöhnlich nach dem mittleren Stande des Barometers annimmt, erhellet schon daraus, dass die Luft an der Erdoberfläche so dünn ist, und dass der Mensch von jenem angeblichen Drucke niemals das geringste empfindet. Ein Par. Kubikfuss Quecksilber wiegt nahe 950 Par. Pfund; wenn nun der Druck der Luft einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder $2\,^1/_3$ Fuss Höhe das Gleichgewicht hält, so wirkt er auf eine Fläche von einem Quadratfuss gleich einer Last von $2216\,^1/_3$ Pfund. Wenn man ferner die Oberfläche des Körpers eines erwachsenen Menschen zu 15 Quadratfuss, und die Höhe des Quecksilbers in der Barometerröhre zu 28 Zoll annimmt,

so betrüge, nach diesem Massstabe zu rechnen, die Last der auf den Körper drückenden Luft 33245 Pfund, und für jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder tiefer stände als 28 Zoll, betrüge der Druck der Luft für jeden Quadratfuss Fläche $6\,^2/_{12}$, und für die ganze Körperoberfläche $92\,^1/_2$ Pfund mehr oder weniger. Nach einer anderen Berechnung, wo der Druck der Luft auf einen Par. Quadratfuss Fläche zu 2316,53 Pfund angenommen ist, beträgt der Druck auf die ganze Oberfläche (15 □ Fuss) des menschlichen Körpers 34747,95 Pfund, und der Unterschied von einem Zoll im Stande des Barometers, gibt eine Veränderung des Drucks von 1241 Pfund. — Wie wäre es aber möglich, dass wir von einem so ungeheuren Drucke nichts empfinden? Man sagt zwar, wir könnten davon nichts fühlen, weil der Körper von Luft ganz umflossen wäre, in sich selbst auch eine Menge Luft enthielte, welche sich stets auszubreiten strebe, so dass der Druck überall durch einen gleichstarken Gegendruck aufgehoben würde. Hiergegen aber ist zu bemerken, dass die Säfte und Gewebe des menschlichen Körpers nur wenig Luft, und zwar nicht frei gasförmig, sondern fest gebunden enthalten, und dass dieselbe keinen solchen Gegendruck zu leisten vermag, zumal da selbst die freie, gasförmige Luft jenes Streben sich beständig weiter auszubreiten in der That nicht besitzt, wie bereits früher (§. 12.) gezeigt wurde. Selbst wenn auch die im Körper befindliche Luft eine solche expansive Kraft besässe, was aber nicht der Fall ist, so wäre der Luftdruck zwar auf allen Puncten des Körpers gleich stark, keineswegs aber ganz unmerklich. Man wird mir vielleicht noch entgegnen: der Mensch könne den Druck der Atmosphäre nicht fühlen, weil er daran gewöhnt sei, indem er noch niemals davon frei gewesen wäre. Durch diese Erklärung aber wird das Räthsel noch nicht gelöst; und wenn man sie auch annehmen wollte, so bliebe doch noch eine unüberwindliche Schwierigkeit, nämlich zu erklären, wie es kömmt, dass

der Mensch, welcher doch ein sehr feines Gefühl besitzt und durch eine gespannte Aufmerksamkeit und scharfe Beobachtung so manche, selbst sehr geringe Abwechselungen von Einflüssen wahrzunehmen vermag, dass der Mensch, sage ich, nicht im Stande ist, eine Ab- und Zunahme jenes fraglichen *Luftdruckes* zu bemerken, da doch der Unterschied desselben, nach den an dem Barometer beobachteten Veränderungen zu rechnen, sehr beträchtlich ist und selbst einem Gewichte von beinahe 2500 Pfund gleichkömmt; ferner dass man selbst in höheren Regionen der Atmosphäre, z. B. auf hohen Bergen, wo nach dem Barometerstande zu urtheilen, der Luftdruck um die Hälfte schwächer ist, ungefähr 16 bis 17000 Pfund weniger beträgt, man von einer solchen Abnahme *des Luftdruckes* durchaus nicht das Mindeste fühlt. Anstatt sich leichter und behaglicher zu fühlen, erfährt man in solchen Höhen mancherlei Beschwerden. Beim Besteigen hoher Berge empfindet man schon in einer Höhe von 1540 Klafter (1500 Toisen) über der Meeresfläche eine lästige Müdigkeit, welche bei höherem Aufsteigen immer mehr zunimmt. Ferner wird der Herzschlag beschleunigt, die Respiration beschwerlich, kurz und häufig, es entsteht dabei eine grosse Angst, eine unbeschreibliche Mattigkeit und Schwäche des Nervensystems, grosse Uebelkeit und Neigung zum Erbrechen, welche auch leicht in wirkliches Erbrechen übergeht. Diese Erscheinungen, welche bereits von mehreren Naturforschern und namentlich von *Alexander von Humboldt* auf einer Höhe von 2975 Toisen über der Meeresfläche beobachtet worden sind, beruhen hauptsächlich darauf, dass der Athmungsprozess nicht gehörig von Statten geht. Denn da die Luft in dieser Höhe sich in einem Zustande von starker Distraction und Spannung befindet (S. 71.), so kann man bei jeder Inspiration nur mit Mühe eine kleine Menge Luft in die Lungen aufnehmen, welche zur normalen Umwandlung des daselbst anlangenden venösen Blutes nicht hinreicht; und die Folge

davon ist, dass das Blut, welches sofort dem Herzen und von da aus allen übrigen Theilen des Körpers zufliesst, nicht die gehörige Vitalität besitzt und daher das Nervensystem, wie auch die Muskeln nicht genug zu beleben vermag. Ferner ist zu erwägen, dass die Luft auf die ganze äussere und innere Oberfläche des Körpers, soweit sie damit in Berührung kömmt, distrahirend wirkt, und dadurch das Blut vorzüglich nach diesen Theilen hinzieht. Aus diesen Gründen entstehen die Vomituritionen wie auch das wirkliche Erbrechen; ferner die Anhäufung von Blut in den Lungen und mithin die Engbrüstigkeit und Angst, und endlich selbst Ergiessungen von Blut aus verschiedenen Theilen des Körpers, z. B. aus den Lungen, der Nase, den Augen, den Lippen und dem Zahnfleische u. s. w.; indem die Luft hier auf eine ähnliche Weise wirkt, wie bei dem Gebrauche eines Schröpfkopfes (S. 65.).

§. 15.

Untersuchung verschiedener Phänomene, welche gewöhnlich aus dem Drucke der Luft erklärt werden.

Alle Erscheinungen, welche man bisher von einem Drucke der Luft hergeleitet hat, lassen sich sehr einfach und ungezwungen aus einer Anziehung erklären, wie nun bei verschiedenen Erscheinungen näher gezeigt werden soll.

I. *Die Erscheinung, dass Wasser oder Wein in einem umgekehrten Glase und im Stechheber hängen bleibt.* *a)* Wenn man ein Trinkglas ins Wasser taucht und, nachdem es sich gefüllt hat, umgekehrt wieder hervorzieht, so bleibt das Wasser darin hängen, so lange die Mündung des Glases noch untergetaucht ist; sobald aber auch diese hervorgezogen wird, so läuft alles Wasser aus dem Glase. Dieses ist nun folgender Massen zu erklären. Gleichwie das Wasser in den früher (§. 5.) angeführten Versuchen mit andern festen Körpern, z. B. mit den Marmor- oder Glasplatten zusammenhängt, so muss es auch hier an den Wänden des Trinkglases haften. Denkt man sich die

ganze Wassermasse als aus mehreren Schichten zusammengesetzt, so lässt sich wohl begreifen, wie der Boden des Glases die erste Schicht, diese die zweite und sofort eine Schicht die andere durch Ad- oder Cohärenz halten könne. Glas und Wasser halten einander gegenseitig, vermöge ihrer Anziehung, und lassen einander nicht eher los, als bis eine andere Materie dazwischen tritt und die Anziehungskraft derselben in Anspruch nimmt. Das Wasser, als flüssige, bewegliche Masse, ist also gleichsam als der Anziehungsstoff des Glases zu betrachten, und muss, vermöge der Adhärenz, darin bleiben, so lange es nicht durch eine andere Materie ersetzt wird; es fällt aber augenblicklich aus dem Glase, sobald die Mündung desselben aus dem Wasser hervorgezogen wird; weil alsdann die Luft sogleich von allen Seiten eindringt, die gegenseitige Berührung und Anziehung des Glases und des Wassers aufhebt, und die Anziehungskraft der Glaswände in Anspruch nimmt, also auch das Wasser ersetzt, welches nun gemäss seiner grösseren specifischen Schwere herunterfallen muss. Gleichwie ein Stück Eisen, welches von einem Magnete kaum getragen, d. h. schwebend gehalten werden kann, augenblicklich herunterfällt, wenn man ein anderes Stück Eisen in die Nähe und Wirkungssphäre des Magnetes hält und somit seine Anziehungskraft in Anspruch nimmt, so muss auch das Wasser aus seinem Behälter herausfallen, sobald dieser einen anderen, leichter zuhaltenden Anziehungsstoff, z. B. Luft bekömmt, wodurch seine Anziehungskraft in Anspruch genommen und beschäftigt wird. — Man kann auch ein ganz volles Glas in der Luft umgekehrt halten, ohne dass ein Tropfen Wasser herausrinnt, wenn die Mündung nur mit einem Blättchen Papier gut bedeckt ist, so dass die Luft nicht dazwischen durch- und in das Glas einschleichen kann.

b) Ebenso wird auch der Wein durch die Anziehung im Stechheber zurückgehalten; indem die enge Mündung desselben das Einströmen der Luft verhindert. Wenn

man die obere Mündung des Stechhebers öffnet, so fliesst der Wein augenblicklich heraus, weil alsdann eine leichtere Flüssigkeit, nämlich atmosphärische Luft, oben hineinströmt, die Anziehkraft der Wände des Stechhebers in Anspruch nimmt und somit als Anziehungsstoff den Wein ersetzt. Die untere Mündung des Gefässes kann übrigens auch beträchtlich grösser sein, als bei dem gewöhnlichen Stechheber, ohne dass der Wein oder das Wasser ausfliesst, wenn nur die Weite und Gestalt des Gefässes gehörig beschaffen ist. Wein oder Wasser kann nämlich, wie bereits erklärt wurde, nur dann aus seinem Behälter ausfliessen, wenn zugleich Luft hineinströmt und den Raum einnimmt, welcher von der tropfbaren Flüssigkeit verlassen wird; es kömmt also alles darauf an, das Einströmen der Luft zu verhindern. Da das Wasser, wie auch jede andere tropfbare Flüssigkeit, gewöhnlich in der Mitte der Mündung am meisten abwärts strebt, daselbst etwas tiefer herabhängt und tropfenförmig hervorragt, so strebt die Luft vorzüglich an dem Rande der Mündung einzudringen und sofort längs den Wänden aufzusteigen. Sie findet um so mehr Schwierigkeit einzuströmen, je enger die Mündung des Gefässes ist; weil da die tropfbare Flüssigkeit und die Luft um so weniger einander ausweichen und passiren lassen können. Die Luft findet den Eintritt noch schwieriger, wenn das als Stechheber dienende Gefäss sehr weit ist und, ohne einen langen Hals zu bilden, sogleich unter einem rechten oder stumpfen Winkel einbiegt und geradezu convergirend zur Mündung ausläuft, so dass es einen weiten Bauch darstellt und sich somit der Birnform nähert. Ein Gefäss der Art ist im Stande, Wasser oder Wein zurückzuhalten und das Einströmen der Luft zu verhindern, wenn auch seine Mündung beträchtlich grösser ist, als die eines gewöhnlichen Stechhebers. Der Bauch eines solchen Gefässes muss desto grösser sein, je weiter die untere Mündung desselben ist; so kann z. B. das Wasser durch

eine 5 bis 6 Linien weite Oeffnung nicht ausfliessen, wenn die Weite des Bauches mehr als einen Zoll misst, dahingegen der Ausfluss leicht erfolgt, wenn der Durchmesser des Bauches weniger als einen Zoll beträgt. Uebrigens muss die Mündung des Stechhebers um so kleiner sein, je grösser das specifische Gewicht der zu haltenden Flüssigkeit ist; weil dann auch das Streben derselben auszufliessen und das der Luft einzudringen desto stärker ist. Daher kann z. B. das Quecksilber sehr leicht ausfliessen bei einer Oeffnung, welche den Ausfluss von Wasser oder Wein auf das vollkommenste verhindert.

Dass das Wasser (oder Wein) wirklich durch Anziehung und nicht durch den Druck der Luft in dem Glase und in dem Stechheber gehalten werde, erhellet schon aus dem Gefühle, dass man mit der Hand nicht nur das Gefäss, sondern nebst dem auch das ganze Gewicht des in ihm hängenden Wassers zu tragen hat, was offenbar nicht Statt finden könnte, wenn das Wasser durch das Gewicht der gegen dasselbe drückenden Luftsäule aufgewogen und in seinem Gefässe schwebend gehalten würde. Besonders auffallend und deutlich erscheint jenes Gefühl, wenn man einen Stechheber, dessen untere Mündung etwa $^1/_2$ Zoll rh. gross ist, mit Wasser füllt, sodann die obere Mündung öffnet und sie, nachdem das Wasser eine gewisse Schnelligkeit im Sinken und Ausfliessen erlangt hat, mit dem Finger wieder schliesst; denn in diesem Augenblicke fühlt man ganz deutlich, dass das Wasser durch Adhärenz in dem Stechheber zurückgehalten wird, und dass nicht nur die Schwere, sondern auch die ganze Bewegung der sinkenden Wassermasse von der Hand, die den Stechheber hält, überwunden werden muss. Der hierzu nothwendige Kraftaufwand erscheint um so grösser, und das entsprechende Gefühl um so deutlicher: 1) je grösser das specifische Gewicht der in dem Stechheber befindlichen Flüssigkeit; 2) je grösser die Quantität derselben, und 3) je grösser die während des Ausfliessens

und Sinkens erlangte Schnelligkeit ist. Dieses aber könnte nicht Statt finden, wenn die Flüssigkeit durch den Widerstand der atmosphärischen Luft im Stechheber zurückgehalten würde. Man könnte mir einwenden, dass unsere Hand eigentlich nicht das Gewicht des im Gefässe enthaltenen Wassers zu tragen habe, sondern vielmehr die oben auf dem Gefässe ruhende Luftsäule. Diese Einwendung aber ist völlig ungegründet; denn diejenige Luftsäule, welche von unten gegen das Gefäss und seine Mündung drückt, ist nicht nur ebenso hoch, als die oben auf dem Gefässe ruhende, sondern sogar noch um so viel höher, als die Höhe des Gefässes beträgt, so dass also der Druck der oberen Luftsäule durch den Gegendruck der unteren, längeren aufgehoben würde. Wenn die fragliche Einwendung wirklich gegründet wäre, so müsste jeder in eine tropfbare Flüssigkeit, z. B. in Wasser untergetauchte Körper desto schwerer zu heben sein, je höher das Wasser auf und über ihm stände; nun aber ist dieses nicht der Fall, sondern der Körper erleidet sogar einen gewissen, seinem Volumen angemessenen Gewichtsverlust, erscheint demnach verhältnissmässig leichter, kann übrigens mit einer bestimmten, seiner Schwere entsprechenden Kraft stets mit gleicher Leichtigkeit in die Höhe gehoben werden, mag er nun einen Zoll oder 100 Fuss oder noch tiefer untergetaucht sein. Denn in jeder Tiefe wird die von oben auf den Körper drückende Wassersäule durch die von unten darauf drückende aufgewogen, und bei dem Aufheben eines in Wasser untergetauchten Körpers braucht nicht die Schwere der ganzen über ihm stehenden Wassersäule auf einmal, sondern nur die eines kleinen Theiles derselben überwunden zu werden; da bei dem langsamen Aufheben eines solchen Körpers das zunächst über ihm befindliche Wasser Zeit und Gelegenheit findet, nach den Seiten auszuweichen, indem das neben und unter dem Körper befindliche Wasser sogleich seine Stelle verlässt, um den von dem aufsteigenden Körper verlassenen Raum einzunehmen. Der fragliche Widerstand des Wassers ist um

so geringer, je langsamer der Körper aufgehoben wird. — Gleichwie nun das Gewicht eines solchen Körpers nicht durch die Schwere der ganzen über ihm stehenden Wassersäule vermehrt wird, so kann auch das Gewicht des Stechhebers nicht durch die Schwere der ganzen über ihm befindlichen Luftsäule vermehrt werden. Demnach dient die Erscheinung, dass der Stechheber gerade um so viel schwerer ist, als das Gewicht des in ihm befindlichen Wassers beträgt, als Beweis, dass das Wasser nicht durch die äussere Luft schwebend gehalten werde, sondern vermöge der Anziehung im Stechheber hängen bleibe.

Dass das Wasser nicht durch die äussere Luft im Stechheber schwebend gehalten werde, erhellet ferner ganz augenscheinlich, wenn man erwägt, dass die Luft wegen ihres geringen specifischen Gewichtes das 800 Mal schwerere Wasser nicht tragen und in der Höhe halten kann. Anders verhält sich die Sache, wenn die Luft in einem Gefässe über dem Wasser eingeschlossen ist; indem sie alsdann durch ihren Widerstand das Aufsteigen des Wassers zu verhindern vermag, selbst wenn es auch dem Drucke einer hohen Wassersäule unterliegt und gemäss den Gesetzen der Hydrostatik mit grosser Kraft aufzusteigen strebt, wie es z. B. das Quecksilber bei denjenigen Versuchen thut, welche man gewöhnlich anstellt um die expansive Kraft der zusammengepressten Luft zu messen. Zu diesem Zwecke bedient man sich nämlich einer barometerförmig gebogenen Glasröhre, woran der kürzere Schenkel oben geschlossen und zur Einschliessung der Luft bestimmt, der längere Schenkel aber offen und zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmt ist. Hier strebt nämlich das Quecksilber aus dem längeren Schenkel in den kürzeren überzugehen und aufzusteigen; die darin eingeschlossene Luft aber leistet beständig Widerstand und lässt das Quecksilber nur nach und nach höher steigen, in dem Masse, wie die Quecksilbersäule in dem längeren Schenkel erhöht, und somit ihr Druck auf das in den kürzeren Schenkel übergegangene Quecksilber verstärkt

wird, wobei aber auch der Widerstand der eingeschlossenen Luft um so mehr zunimmt, je stärker sie zusammengepresst wird. — Die Luft ist aber nicht im Stande, eine *senkrecht über ihr* befindliche Wassersäule zu tragen und schwebend zu halten, wenn die zu dem Versuche angewendete Röhre und ihre Mündung weit genug ist, dass Wasser und Luft darin leicht ausweichen und vorbeilassen können, und man kann sich dadurch augenscheinlich davon überzeugen, dass das Wasser nicht durch den Druck der Luft in dem Stechheber zurückgehalten werde. Zu diesem Versuche braucht man einen Stechheber, dessen untere Mündung ziemlich gross ist, wenigstens sechs Linien beträgt, und nebstdem ein Glas, in dessen Oeffnung der untere Theil des Stechhebers luftdicht eingefügt werden kann. Wenn man den Stechheber oben verschliesst, sodann mit Wasser füllt und mit dem unteren Ende in das besagte Glas recht genau einpasst, so dass nicht das Mindeste Luft dazwischen durchzudringen vermag, so bleibt das Wasser im Stechheber hängen. Man wird nun sagen, dass das Wasser hier nicht aus dem Stechheber fliessen könne, weil es durch den Widerstand der in dem Glase eingeschlossenen Luft zurückgehalten werde. Wäre aber dieses wirklich der Fall, so müsste das Nämliche Statt finden, wenn auch der Stechheber oben geöffnet wäre; nur dürfte die in dem Glase eingeschlossene Luft alsdann einige Tropfen, d. h. so viel Wasser herausrinnen lassen, bis sie dadurch eine hinreichende Zusammenpressung erlitten und an expansiver Kraft so viel zugenommen hätte, dass sie alsdann im Stande wäre, das fernere Zu- und Ausfliessen des Wassers zu verhindern, wie solches auch in dem vorhin beschriebenen Versuche in der barometerförmig gebogenen Röhre geschieht. Der Erfolg aber zeigt sich in der That ganz anders; denn, sobald die obere Mündung des Stechhebers geöffnet wird, so sinkt auch das Wasser nach und nach aus dem Stechheber in das darunter befindliche Glas

und verdrängt die daselbst befindliche Luft, welche sofort in Blasengestalt nach und nach aufwärts durch den Stechheber entweicht. Dieser Versuch gelingt um so besser, je weiter die Mündung und je kürzer der Hals des Stechhebers ist; weil alsdann Wasser und Luft um so leichter einander ausweichen und passiren lassen können. Wenn die untere Mündung des Stechhebers zu eng oder der Hals desselben zu lang ist, so kann bei dem erwähnten Versuche das Wasser nicht ausfliessen, weil dann Wasser und Luft einander nicht ausweichen und passiren lassen können. Am leichtesten gelingt der Versuch, wenn man anstatt des Wassers Quecksilber dazu verwendet, und dann braucht die untere Oeffnung nur 3 bis 4 Linien rhein. weit zu sein. Ich machte den Versuch mit einem kleinen Kölnischwasserglase, in dessen Boden ich eine 3 Linien rhein. grosse Oeffnung gebohrt hatte. Sobald die obere Mündung geöffnet wurde, so begann der Ausfluss des Quecksilbers, und er konnte nach Willkühr unterbrochen werden, wenn man die obere Mündung wieder verschloss. — Dieser Hergang ist folgender Massen zu erklären. Bei der Eröffnung des Stechhebers wird die äussere Luft von oben zugelassen und dadurch die Anziehung oder Adhärenz, welche das Wasser oder Quecksilber im Stechheber gehalten hatte, aufgehoben; da also das Wasser oder Quecksilber seiner Schwere frei überlassen wird, und demnach mit seinem ganzen Gewichte gegen die unten im Glase eingeschlossene Luft andringt, so kann diese gemäss ihrer geringeren specifischen Schwere nicht widerstehen, sondern muss sofort weichen und nach oben durch den Stechheber entfliehen. Wird aber die obere Mündung des Stechhebers wieder geschlossen, so dass keine Luft mehr von aussen hineinströmen kann, so wird das Wasser oder Quecksilber wieder durch die Anziehung von dem Stechheber selbst zurückgehalten und folglich am weiteren Ausfliessen verhindert. Hieraus erhellet also augenscheinlich, dass das Wasser nicht durch den Widerstand der Luft,

sondern durch Anziehung im Stechheber zurückgehalten werde. Die Wahrheit dieser Behauptung findet endlich einen schlagenden Beweis darin, dass das Wasser auch dann nicht ausfliesst, wenn man den Stechheber unter die Glocke der Luftpumpe bringt und die Luft daraus soviel als möglick wegpumpt, vorausgesetzt, dass der Stechheber selbst durchaus keine Luft enthalte, sondern möglichst vollständig mit kaltem Wasser gefüllt sei, welches vor Anstellung des Versuches so viel als möglich von aller Luft befreit worden war. *Huygens* füllte Glasröhren von 9 Zoll bis 2 Fuss Höhe und darüber mit Wasser, welches vorher vermittelst der Luftpumpe so viel als möglich von der darin enthaltenen Luft befreit worden war, brachte dieselben umgekehrt unter die Glasglocke, pumpte sodann die Luft so viel als möglich heraus und fand, dass das Wasser immer auf seiner anfänglichen Höhe hängen blieb. Man wiederholte diesen Versuch im Jahr 1663 in England in der Versammlung der Königl. Societät, und zwar mit dem nämlichen Erfolge, obgleich die angewendeten Röhren 4 bis 5 Fuss lang waren*).

II. *Die Erscheinung, dass eine tropfbare Flüssigkeit z. B. Wasser über den erhabenen Rand eines Gefässes durch den zweiarmigen Heber ausfliesst.* Diese Erscheinung beruht auch nicht auf einem Drucke der Luft, sondern ebenfalls auf einer Ad- und Cohärenz, und ist folgender Massen zu erklären. Da alle Wassertheilchen einander gegenseitig anziehen und an einander haften, wie wir schon früher gesehen haben (§. 5.), so hängen auch die in beiden Armen des Hebers befindlichen Wassersäulen fest zusammen, so dass sie mit einem über eine Rolle geschlagenen, auf beiden Seiten herabhängenden Seile verglichen werden können. Haben nun beide Wassersäulen eine gleiche senkrechte Höhe, so streben sie mit gleicher Stärke, eine jede nach ihrer Seite, auszufliessen, können

*) Journal des scavans Tom. III. Pag. 114—116.

also einander im Gleichgewicht halten. Wenn aber die senkrechte Höhe der einen Wassersäule grösser ist, so hat diese das Uebergewicht, kann demnach ausfliessen, und also die andere Wassersäule mit sich fortziehen. Da nun bei der Anwendung des Hebers der in das Wasser eingetauchte Arm desselben kürzer ist, als der äussere, so hat die in dem äussern Heberarme enthaltene Wassersäule, gemäss ihrer grösseren senkrechten Höhe, das Uebergewicht, sie kann demnach ausfliessen und die in dem kürzeren Heberarme befindliche Wassersäule mit sich fort und in den längeren Heberarm herüberziehen. Gleichwie nun die längere Wassersäule vermöge der Cohärenz die kürzere mit sich fortzieht, so kann diese auch dasjenige Wasser, womit sie unten im Gefässe in Berührung steht, ebenfalls mit sich fort- und in den kürzeren Heberarm hereinziehen, so dass hier im Gefässe ebenso viel Wasser in den Heber übergeht, als auf der andern Seite aus demselben hervorströmt. Der Ausfluss erfolgt um so schneller, je mehr die senkrechte Höhe des äusseren Heberarms die des inneren übersteigt; weil dann auch die in dem ersteren befindliche Wassersäule die in dem andern enthaltene Wassersäule um so mehr überwiegt. — Es haben zwar schon früher einige Physiker das Fliessen des Hebers aus einem Zusammenhange des vorangehenden Wassers mit dem nachfolgenden abgeleitet. Diese Erklärung fand aber keine günstige Aufnahme und zwar aus dem Grunde, weil man allgemein den Druck der Luft, welcher aus vielen andern Erscheinungen unzweideutig hervorzugehen schien, für die alleinige Ursache hielt. Namentlich eiferte *Kästner* *) gegen die angeführte Erklärung und sagte: dass dieses Stricke aus Sand drehen hiesse. Es ist aber wohl zu erwägen, was von *Kästner* und den andern Physikern gänzlich übersehen wurde, dass die Wassertheilchen hier im Heber desshalb so stark

*) Anmerkungen über die Markscheidekunst. Götting. 1775. 8.

an einander hängen, *weil sie nur sich selbst gegenseitig anziehen können*, indem kein anderer Anziehungsstoff, keine Luft dazwischen treten kann. — Dass das Fliessen des Wassers durch den Heber auf einem Drucke der Luft beruhe, glaubte man daraus beweisen zu können, dass das Wasser nicht ausfliesst, wenn der Heber luftdicht in das Gefäss eingekittet und dieses so verwahrt ist, dass gar keine Luft in dasselbe eindringen kann. Allein hiergegen ist zu erwiedern, dass das Wasser hier blos desshalb nicht ausfliesst, weil es vermöge der Anziehung selbst von den Wänden des Gefässes zurückgehalten wird, indem es nicht durch eine andere Materie z. B. durch die Luft, als Anziehungsstoff ersetzt werden kann, was doch nach der früher gegebenen Erklärung (S. 24 u. 89.) nothwendig wäre, wenn das Wasser ausfliessen sollte. Demnach spricht die fragliche Erscheinung nicht gegen, sondern vielmehr für die Richtigkeit meiner Ansicht. Dass das Fliessen des Wassers durch den Heber wirklich nicht von einem Drucke der Luft herrühre, davon kann man sich auch leicht durch einen Versuch überzeugen. Wenn man nämlich ein Gefäss mit Wasser nebst einem passenden Heber unter die Glocke der Luftpumpe bringt, und die Luft daraus soviel als möglich wegpumpt, so erfolgt der Ausfluss des Wassers ebenso leicht, als wie in freier Luft. Dieser Versuch wurde zuerst von dem berühmten Physiker *Huygens* angestellt und von ihm wie auch von *Christian Wolff* mehrmals mit der grössten Sorgfalt und Genauigkeit wiederholt, wobei der Erfolg sich immer gleich blieb. Um aber dessen ungeachtet die Lehre vom Drucke der Luft aufrecht zu erhalten, haben die Naturforscher verschiedene Auskunftsmittel gesucht; so z. B. behaupten sie, dass bei den erwähnten Versuchen die Glasglocke nicht gehörig ausgepumpt worden wäre, und dass die darin zurückgebliebene Luft eine hinreichende Expansivkraft gehabt hätte, um durch ihren Druck den Ausfluss des Wassers fortwährend zu unterhalten. Hier-

gegen ist aber zu erwiedern, dass *Huygens* und *Wolff*, zwei tüchtige Physiker, denen Niemand eine grosse Genauigkeit und Gewandheit im Experimentiren absprechen wird, sich durch wiederholte Versuche von der Güte ihrer Instrumente und von der möglichst vollkommenen Evacuation der Glasglocke versichert hatten, und dass beide, obgleich sie sich übrigens ganz entschieden zu der Lehre vom Drucke der Luft bekannten, dennoch, wie sie ausdrücklich bemerkten, fest überzeugt waren, dass das Fliessen des Wassers nicht von der in der Glocke zurückgebliebenen Luft herrühren könne. *Huygens* fand sich daher veranlasst zur Erklärung dieses sonderbaren Phänomens eine neue Hypothese aufzustellen, nämlich eine äusserst feine, der Luft ähnliche Flüssigkeit (Aether) anzunehmen, welche alle Körper und selbst das Glas mit grosser Leichtigkeit durchdringen und durch ihren Druck das Fliessen des Wassers unter der evacuirten Glasglocke bewirken sollte*). — *Wolff* hingegen gestand ein, dass er die wahre Ursache jener auffallenden Erscheinung nicht wisse**). Dass hier das Fliessen des Hebers auf einem Drucke der in der Glasglocke zurückgebliebenen äusserst wenigen Luft beruhe, lässt sich auch schon desshalb nicht annehmen, weil solche Luft keine expansive, sondern vielmehr eine contractive Kraft besitzt, wie wir bereits früher (§. 12.) gefunden haben.

III. *Die Erscheinung, dass ein kleines, luftdichtes Gefäss an dem Munde hängen bleibt, wenn die Luft herausgesaugt wird.* Wenn man aus einem kleinen luftdichten Gefässe, z. B. einem Gläschen, die Luft mit dem Munde soviel als möglich aussaugt, so dringt das Fleisch der Zunge oder Lippe mehr oder weniger tief in die Oeffnung des Gläschens, und haftet so fest, dass dasselbe frei schwebend daran hängen bleibt. Dieses ist folgender

*) Journal des Scavans. Tom. III. Pag. 123.

**) Nützliche Versuche von *Christian Wolffen.* Thl. III. SS. 549 — 561.

Massen zu erklären. Sobald man den grössten Theil der Luft herausgesaugt hat, so wird die Zunge oder Lippe, welche die Oeffnung des Gläschens verschliesst, von der innern Oberfläche desselben mittelst der darin zurückgebliebenen distrahirten Luft an- und hineingezogen, und zwar desto stärker, je mehr die im Gläschen zurückgebliebene Luft durch das Aussaugen verdünnt und distrahirt worden ist. Gemäss dieser Anziehung muss also die Lippe oder Zunge mehr oder weniger tief in die Oeffnung des Gläschens eindringen und dasselbe frei schwebend halten. Man könnte hier vielleicht sagen, dass in allen Theilen des menschlichen Körpers Luft enthalten sei, und dass dieselbe hier in dem erwähnten Versuche, vermöge einer expansiven Kraft, das Fleisch der Lippe oder Zunge in die Oeffnung des Gläschens hineindränge, während dasselbe durch die äussere Luft gegen den Mund gedrückt werde. Diese Erklärung aber ist ganz unstatthaft: 1) weil die Gewebe und Säfte des Körpers wenig Luft, und diese selbst sehr fest und innig gebunden enthalten; 2) weil diese Luft keine solche Expansion bewirken kann, zumal da selbst die freie Luft keine expansive Kraft besitzt, wie bereits früher gezeigt wurde; und 3) weil das Gläschen bei dem erwähnten Versuche nicht von der äussern Luft gegen den Mund gedrückt wird, wie eben gezeigt werden soll. Wenn das Gläschen wirklich durch einen auf dessen Boden wirkenden Druck der Luft gegen den Mund gepresst und festgehalten würde, so könnte, wenn man den nämlichen Versuch mit einer kleinen cylinderförmigen, einige Linien weiten Röhre anstellt und die untere Oeffnung derselben mit einem Finger verschliesst, diese nur insofern an dem Munde haften, als die Luft den Finger gegen die untere Oeffnung der besagten Röhre und somit diese selbst gegen den Mund andrückte. Nun aber findet dieses nicht Statt, wie der Erfolg klar beweist; denn, wenn man die untere Oeffnung dieser Röhre mit dem

Finger verschlossen hält und die Luft daraus mit dem Munde aussaugt, so fühlt man von einem Drucke der Luft nicht das mindeste; dagegen empfindet man sehr deutlich, wie die fleischigen Theile des Fingers und des Mundes nach und nach immer stärker gegen und in die Oeffnungen der Röhre gezogen werden, je mehr man die Luft heraussaugt, und wenn man den Finger von der untern Oeffnung wegziehen will, so fühlt man, dass die Röhre ebenso wohl an dem Finger, als auch an dem Munde festhaftet, und dass man mit dem Finger zugleich auch die Röhre und die an dem oberen Ende derselben haftende Lippe oder Zunge mit herunterzieht. Dieses eigenthümliche Zusammenhaften lässt sich durchaus nicht von einem Drucke der Luft herleiten, und hieran ist um so weniger zu zweifeln, da die Röhre nicht zu gleicher Zeit nach zwei entgegengesetzten Richtungen, d. h. ebenso wohl gegen den Finger, als auch gegen den Mund gedrückt werden kann, was offenbar unmöglich ist. —

IV. *Die Erscheinung, dass die ausgepumpte Glasglocke an dem Teller der Luftpumpe festhaftet.* Gleichwie die ausgesaugte Röhre vermöge der Anziehung an den fleischigen Theilen des Fingers und des Mundes hängen bleibt, so kann auch die Glasglocke an dem Teller der Luftpumpe haften, und zwar um so stärker, je mehr die Luft daraus weggepumpt wird. Die Glasglocke würde unter der grossen Gewalt, womit sie (mittelst der in derselben zurückgebliebenen, äusserst distrahirten Luft) gegen den Teller der Luftpumpe hingezogen wird, zerspringen, wenn sie nicht durch ihre Wölbung geschützt wäre. Daher ist es auch zu erklären, dass, wenn man einen hohlen oben offenen Glascylinder nimmt, auf die obere Oeffnung derselben eine Scheibe von Fensterglas luftdicht ankittet, diese bei dem Auspumpen der Luft zerspringt, und dass ihre Trümmer mit grosser Gewalt in den Glascylinder und auf den Teller der Luftpumpe niederstürzen.

Der Druck, welchen die Luft auf die ganze äussere Oberfläche des Recipienten ausübt, ist auch gar nicht geeignet, denselben auf den Teller der Luftpumpe fest anzudrücken, sondern im Gegentheil denselben einiger Massen zu heben und sein Gewicht zu vermindern, gleichwie alle Körper auf ihre Unterlage weniger drücken, wenn sie in einer Flüssigkeit untergetaucht sind. Wenn man z. B. ein grosses Trinkglas mit eben und glatt geschliffenem Rande, auf eine ebenso beschaffene Glasplatte genau, fest aufgesetzt, und das Ganze unter Wasser gebracht hat, so kann man das Glas sehr leicht von seiner Berührungsfläche entfernen und in die Höhe heben, und zwar um so leichter, je höher die auf und über ihm stehende Wassersäule ist; weil dann das Wasser um so stärker zwischen die beiden Berührungsflächen einzudringen, sie zu entfernen, und das Glas in die Höhe zu heben strebt. Und das Wasser ist wirklich von selbst im Stande, das Glas in die Höhe zu heben und umzustürzen, so dass die Luft daraus entweicht, wenn das Glas einen so grossen Umfang hat, dass ein gleich grosses Volumen Wasser beträchtlich schwerer ist. Ebenso würde auch die atmosphärische Luft zwischen dem Teller der Luftpumpe und dem untern Rande des entleerten Recipienten durch- und in denselben eindringen, wenn sie wirklich einen so starken Druck ausüben könnte, wie man allgemein annimmt.

V. *Das Zusammenhalten der Magdeburgischen Halbkugeln.* Gleichwie die ausgepumpte Glasglocke vermöge der Anziehung mit dem Teller der Luftpumpe zusammenhängt, so sind auch die ausgepumpten Magdeburgischen Halbkugeln im Stande, durch die distrahirte Luft sich gegenseitig stark anzuziehen und einander festzuhalten. Dass die Halbkugeln durch den Druck der äussern Luft zusammengehalten würden, glaubte man daraus beweisen zu können, dass dieselben nicht mehr fest an einander haften, wenn man sie unter eine Glasglocke bringt und nun die

Luft daraus so viel als möglich wegpumpt. Allein diese Erscheinung beruht darauf, dass alsdann die in der Glasglocke ausserhalb der Halbkugeln zurückgebliebene Luft ebenso stark distrahirt und contractiv ist, als die innerhalb derselben befindliche, und dass folglich die Halbkugeln ebenso stark von einander, als gegen einander gezogen werden. — Die Halbkugeln können auch leicht von einander getrennt werden, wenn man der atmosphärischen Luft freien Eintritt in dieselben gestattet; weil alsdann die darin zurückgebliebene äusserst distrahirte Luft ihre Contractivität wieder verliert, indem sie zu ihrer vorigen Dichtheit zurückkehrt, und dabei die Anziehkraft der beiden Halbkugeln so sehr in Anspruch nimmt und beschäftigt, dass sie sich gegenseitig nicht mehr stark anziehen können (S. 16 — 17.). — Die Halbkugeln können auch dann sehr fest an einander haften, wenn sie mit ihren Rändern in einander greifen, genau zusammenpassen und mit kaltem, durch die Luftpumpe oder durch vorheriges Kochen so viel als möglich von der Luft befreitem Wasser gefüllt sind, und der Hahn gehörig schliesst. Unter diesen Verhältnissen können die Halbkugeln desshalb so ausserordentlich fest an einander und an dem zwischen ihnen befindlichen Wasser haften, weil dann die Luft nicht leicht dazwischen eindringen kann. Dagegen ist die Adhärenz zwischen ebenen, glattgeschliffenen, mit Wasser oder Oel bestrichenen Platten von Metall, Glas oder Marmor bei weitem nicht so stark; eben desshalb, weil hierbei die Luft leicht Gelegenheit findet, dazwischen einzudringen und die gegenseitige Berührung und Anziehung derselben aufzuheben. Obgleich solche gut polirte Platten ziemlich fest aneinander haften, wenn sie genau senkrecht von einander gerissen werden sollen, so lassen sie sich doch sehr leicht seitwärts verschieben und sofort auch von einander trennen. Dieses kömmt daher, weil alle Puncte der Berührungflächen bei'm Verschieben beständig einen Anziehungsstoff behalten, da in demselben Momente, wo

der vorhandene Anziehungsstoff weggeschoben wird, sogleich wieder ein anderer an dessen Stelle tritt; dahingegen in dem Falle, wo die Platten senkrecht von einander gerissen werden, allen Puncten der Berührungsflächen zugleich auf einmal der entsprechende Anziehungsstoff augenblicklich entzogen werden muss, wesshalb auch hierzu eine viel grössere Kraft erfordert wird.

Wenn die Platten wirklich wegen des Drucks der Luft so fest an einander hafteten, so könnten sie nicht so leicht seitwärts verschoben werden, gleichwie auch eine Last, deren Gewicht dem fraglichen Drucke der Luft gleich ist, einen weit grösseren Kraftaufwand erfordert, um auf einer ebenen, glatt geschliffenen Unterlage hin- und her geschoben zu werden. — Die erwähnten Platten haften auch bei der senkrechten Trennung viel stärker an einander, als sie durch den angenommenen Luftdruck zusammengehalten werden könnten. Denn bei den bekannten Versuchen, welche *Muschenbroek* mit Platten von 1,916 Zoll rh. Durchmesser anstellte (S. 21.), betrug:

Bei den Platten	das angehängte Gew.	der angen. Luftdruck.	Die Adhärenz für sich allein.
von Zinn	100 Pf.	Bei allen Platten gleich viel, und zwar 41 Pfund.	59 Pf.
» Wismuth	100 »		59 »
» Elfenbein	108 »		67 »
» Silber	125 »		84 »
» Glas	130 »		89 »
» Messing	150 »		109 »
» Kupfer	200 »		159 »
» gehärtetem Stahl	225 »		184 »
» weissem Marmor	225 »		184 »
» schwarzem Marmor	230 »		189 »
» Blei	275 »		234 »
» weichem Eisen	300 »		259 »

VI. *Das Aufsteigen des Wassers in der Saugpumpe.* Das Wasser steigt hier nicht vermöge des Drucks der äussern Luft, sondern gemäss der Anziehung im Innern der Pumpenröhre. Gleichwie bei dem früher angeführten Versuche die Lippe oder Zunge bei dem Aussaugen der Luft in die Oeffnung der Röhre gezogen wird (S. 99), so kann auch in der Saugpumpe das Wasser in die Pumpenröhre gezogen und nach und nach in die Höhe gehoben werden. Da nämlich die in der Pumpenröhre befindliche Luft durch das wiederholte Ausziehen des Kolbens nach und nach in die Höhe und herausgezogen wird, so kann auch das mit ihr in Berührung und Adhärenz stehende Wasser zugleich mit herauf gezogen werden. Die Erscheinung, dass das Wasser wohl auf eine senkrechte Höhe von ungefähr 32 Fuss rhein., aber nicht höher und bis zu jedem beliebigen Puncte heraufgezogen werden kann, hat ihren Grund darin, dass der obere Theil der Pumpenröhre nicht hinreichend entleert, d. h. von Luft und Wasserdünsten befreit werden kann, und zwar aus mehreren Ursachen: 1) Sind die meisten Saugpumpen nicht vollkommen genug, woher es denn auch kömmt, dass in verschiedenen Fällen das Wasser bald nur 30, bald 31—32 Fuss hoch und darüber stieg, je nachdem die Saugpumpe einen geringeren oder höheren Grad von Vollkommenheit besass. 2) Enthält das Wasser eine beträchtliche Menge Luft, welche bei starker Distraction unter der Gestalt von Bläschen hervortreten und in den oberen freien Raum der Pumpenröhre übergehen kann; und dabei ist noch zu berücksichtigen, dass, wenn auch das in der Pumpenröhre befindliche Wasser auf der einen Seite durch die Distraction seiner Luft beraubt würde, dasselbe doch von dem übrigen Brunnenwasser, womit es in Berührung und Wechselwirkung steht, immer wieder neue Luft aufzunehmen vermöchte. 3) Die wichtigste Ursache endlich, welche selbst ohne die beiden

vorhergehenden allein schon genügen würde, ist die, dass das Wasser bei einer starken Distraction sehr häufig verdunstet, und dass also der obere Raum der Pumpenröhre mit Wasserdünsten angefüllt werden kann. Und wenn man auch durch die Fortsetzung des Auspumpens diese Wasserdünste entfernen wollte, so würde dieses niemals gelingen, da immer neue Dünste aus dem Wasser entstehen, und zwar um so häufiger, je mehr die im oberen Theile der Pumpenröhre zurückgebliebene Luft distrahirt wird. Ja wenn auch eine etwa 40 Fuss lange Röhre ganz mit Wasser angefüllt und sodann, wie eine torricellische Röhre, umgekehrt würde, so könnte doch das Wasser nicht auf dem höchsten Puncte hängen bleiben; und zwar desshalb, weil die obersten Wasserschichten durch die Schwere der daran hängenden grossen Wassermasse so stark distrahirt würden, dass nicht nur die in ihren Zwischenräumen befindliche Luft hervortreten und den oberen Raum der Röhre einnehmen müsste, sondern auch, dass selbst die Cohärenz der Wassertheilchen in den obersten Schichten überwunden würde und dieselben sofort aus dem Zustande der Tropfbarkeit in die Dunstform übergehen müssten. Denn gleichwie die meisten Gasarten durch eine hinreichend starke Zusammenpressung in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt werden können, so kann das Wasser durch ein entgegengesetztes Verfahren, d. h. durch eine hinreichend starke Distraction, in einen gasförmigen Zustand versetzt werden, indem die gegenseitige Anziehung und Cohärenz der Elementartheilchen, worauf die Tropfbarkeit des Wassers beruht, durch das gewaltsame Distrahiren überwunden wird. Dieses erscheint sehr begreiflich, ja selbst unzweifelhaft, wenn man erwägt, dass die Anziehungskraft, wie jede andere physische Kraft, endlich ist, d. h. nicht jede mögliche, sondern nur eine ihrer Intensität und Extensität angemessene Last zu überwinden vermag.

Dass das Wasser in der Saugpumpe nicht höher heraufgezogen werden könne, so lange der obere Theil derselben noch mit Dünsten angefüllt bleibt, ist aus den bereits gegebenen Erklärungen einleuchtend, und wird ferner auch noch bestättigt durch die Erfahrung: dass siedendes Wasser sich durch Saugen gar nicht in die Höhe ziehen lässt, indem es unter der vereinten Einwirkung der Wärme und der Distraction sehr viele Dünste liefert, welche die Saugröhre anfüllen und die Anziehkraft derselben so sehr in Anspruch nehmen, dass sie keine Wassersäule heraufzuziehen vermag.

Dass das Wasser in der That nicht durch einen Druck der Atmosphäre in die Höhe getrieben, sondern wirklich heraufgezogen werden müsse, erhellet schon aus dem Gefühle, dass man mit dem Pumpenschwengel das ganze Gewicht der in der Pumpenröhre befindlichen Wassersäule zu heben hat. Man könnte mir zwar hiergegen einwenden, dass man bei dem Pumpen eigentlich nicht das Gewicht des Wassers, sondern das der ganzen über dem Pumpenkolben befindlichen Luftsäule aufheben müsse. Die Unhaltbarkeit dieser Einwendung ergibt sich jedoch schon aus demjenigen, was schon bei dem Stechheber über diesen Punct gesagt wurde, so dass keine weitere Erörterung mehr nöthig ist. Uebrigens kann man sich auch von der Wahrheit meiner oben aufgestellten Behauptung sehr leicht durch einen Versuch überzeugen. Wenn man nämlich eine Röhre z. B. von einigen Linien Weite und mehreren Fuss Höhe mit einem Ende ins Wasser hält und mit dem Munde die Luft oben heraussaugt, so fühlt man ganz deutlich, dass man durch die Saugbewegung des Mundes das Wasser in der Röhre heraufziehen und das ganze Gewicht desselben tragen muss. Besonders auffallend erscheint dieses, wenn man das Saugen in einzelnen starken Zügen verrichtet, indem nach jedem Zuge die höher gestiegene Wassersäule mit grösserer Gewalt wieder

herunterzufallen strebt, und somit stoss- oder ruckweise die fleischigen Theile des Mundes stärker in die Oeffnung der Röhre hineinzieht; so dass man aufs deutlichste fühlt, dass die Wassersäule mittelst einer contractiv-elastischen Flüssigkeit, nämlich mittelst der in der Röhre zurückgebliebenen distrahirten Luft an den fleischigen Theilen des Mundes hängt und also schwebend gehalten werden muss. Auch findet man zugleich, dass das Saugen um so schwieriger wird und desto mehr Kraftaufwand erfordert, je höher das Wasser schon gestiegen ist, d. h. je mehr die Wassersäule an Höhe und Gewicht zunimmt. Daher ist man nicht im Stande, in einer weiten Röhre das Wasser mit dem Munde auf eine Höhe von 32 Fuss heraufzusaugen, was doch ohne Anstrengung geschehen müsste, wenn die Atmosphäre durch ihren Druck das Wasser so hoch zu heben vermöchte. — Auch ist die Höhe, bis zu welcher man das Wasser bei der grössten Anstrengung mit dem Munde heraufsaugen kann, in Röhren von verschiedenen Durchmesser nicht gleich, sondern grösser oder kleiner, je nachdem dieselben enger oder weiter, und mithin die zu hebenden Wassersäulen leichter oder schwerer sind; was jedenfalls nicht Statt finden könnte, wenn das Wasser wirklich durch den Druck der Atmosphäre in die Höhe getrieben würde. Diese Ansicht wird auch noch durch folgenden Versuch bestättigt. Ich nahm einen zweiarmigen Heber, verlängerte den einen Arm durch Anfügung einer ebenso weiten Röhre, tauchte dieselbe ins Wasser, saugte die Luft heraus und das Wasser stieg sehr schnell auf, und floss sodann wie gewöhnlich in einem ununterbrochenen Strahle aus der äusseren Mündung des Hebers hervor. Hierauf nahm ich die angefügte Röhre von dem Heber wieder weg, ersetzte sie durch ein ungefähr 12 Mal so weites Rohr, tauchte dasselbe sodann ins Wasser und suchte nun den Heber wie vorhin in Wirksamkeit zu setzen; nun aber fand ich bei dem Aussaugen, dass das Wasser nicht recht steigen wollte, indem die äussere Luft durch

eine an dem Winkel des Hebers befindliche kaum sichtbare Oeffnung pfeifend eindrang, und also die in dem Heber befindliche Luft durch das Aussaugen nicht leicht bis zu dem Grad von Distraction und Contractivität gebracht werden konnte, welcher zum Aufheben der dem weiten Rohr entsprechenden schweren Wassersäule erforderlich war. Als ich aber das Aussaugen so viel als möglich beschleunigte, so gelang es wohl das Wasser zu heben und somit den Heber anzufüllen, allein er konnte seine Dienste nicht leisten, indem die äussere Luft durch die besagte feine Oeffnung eindrang und das in dem Heber befindliche Wasser nach beiden Seiten ablaufen liess. Nachdem ich also jene feine Oeffnung entdeckt hatte, nahm ich das weite Rohr wieder von dem Heber weg, um den nämlichen Versuch mit der vorerwähnten engeren Röhre zu wiederholen und fand, dass nunmehr das Wasser sehr leicht aufstieg, den ganzen Heber anfüllte und sofort ununterbrochen ausfloss, obgleich die besagte feine Oeffnung nicht verschlossen worden war. Wenn das Wasser wirklich durch den Druck der Atmosphäre in die Höhe gehoben würde, so müsste es bei den eben erwähnten Versuchen in dem weiten Rohre ebenso leicht aufsteigen, als in der engen Röhre, und die besagte äusserst feine Oeffnung, welche bei Anwendung der engen Röhre das Aufsteigen und ununterbrochene Ausfliessen des Wassers gestattete, hätte dasselbe auch bei Anwendung des weiten Rohrs zulassen müssen, zumal da hierbei eine verhältnissmässig breitere Luftsäule auf das zu hebende Wasser einwirken konnte. Es erhellet also deutlich, dass das Wasser hier im Heber nicht durch den Druck der Atmosphäre, sondern durch die Anziehung in die Höhe gehoben und durch die Co- und Adhärenz ihrer Theilchen im Fliessen erhalten wird. *Für meine Behauptung spricht ferner noch die Thatsache*, dass man in einer torricellischen Röhre von einer Linie Weite, welche man sehr leicht mit dem Munde voll Wasser saugen kann,

das Quecksilber selbst mit der grössten Anstrengung nicht 28 Zoll hoch, sondern nur bis zu einer geringeren Höhe heraufzuziehen vermag, und dass diese Höhe verschieden ausfällt, je nachdem man mit einer grösseren oder geringeren Kraft zu saugen im Stande ist, so dass manche Menschen das Quecksilber nur 8 bis 10, andere 18 bis 20 Zoll hoch und nur wenige es noch etwas höher heraufzusaugen vermögen. Dieses aber könnte nicht geschehen, wenn das Quecksilber durch den Druck der Atmosphäre in die Höhe gehoben würde; denn, wenn man auch annehmen wollte, dass die Luft sich immer weiter auszubreiten strebte, so müsste doch, wenn man aus der torricellischen Röhre einen Theil der Luft ausgesaugt hätte, die Atmosphäre das Quecksilber hineintreiben und zwar so hoch, bis diese Säule nebst der Expansivkraft der in der Röhre zurückgebliebenen Luft einen hinreichenden Gegendruck auszuüben vermöchte, und wenn man nun wieder etwas Luft aus der Glasröhre heraussaugte, so müsste die Atmosphäre auch das Quecksilber wieder ein wenig höher in die Röhre treiben um das Gleichgewicht in derselben wieder herzustellen, und man könnte also fortfahren die Luft aus der torricellischen Röhre auszusaugen, wobei auch die Atmosphäre fortfahren müsste, das Quecksilber höher zu heben, bis es endlich auf eine Höhe von 28 Zoll gekommen und also dem Drucke der ganzen Atmosphäre gleich geworden wäre. Das Aussaugen der Luft aus der torricellischen Röhre müsste also hier von Anfang bis zu Ende ganz leicht von Statten gehen. Da dieses aber nicht geschieht, da man ganz deutlich fühlt, dass das Aussaugen schon anfangs Mühe kostet, mit zunehmender Höhe der Quecksilbersäule immer schwieriger und endlich ganz unausführbar wird, so erhellet auch, dass das Quecksilber nicht durch den Druck der Atmosphäre in die torricellische Röhre getrieben, sondern durch die Saugbewegung des Mundes *heraufgezogen* werden muss. — Man wird mir vielleicht

noch entgegnen, dass man aus keiner torricellischen Röhre die Luft alle heraussaugen könne, und dass die darin zurückgebliebene Luft vermöge ihrer Expansivkraft im Stande sei, das weitere Aufsteigen des Quecksilbers zu verhindern. Diese Erklärung ist ganz unstatthaft, und zwar aus folgenden Gründen: 1) die Ursache, warum die Luft sich nicht alle aus der torricellischen Röhre heraussaugen lässt, ist eben die, weil die Luft darin vermöge der Anziehung zurückgehalten wird, indem das Quecksilber nicht durch den Druck der Atmosphäre in die Höhe gehoben, sondern mit dem Munde heraufgezogen werden muss, und diese Last für die Saugkraft des Mundes zu gross ist; denn wenn das Quecksilber durch den Druck der Atmosphäre in die Höhe gehoben würde, so müsste man hier die Luft ebenso leicht und vollständig heraussaugen, als wenn die Glasröhre mit dem unteren Ende ins Wasser getaucht wäre. 2) Ferner spricht unser Gefühl bei dem Saugen ganz deutlich dafür, dass das Quecksilber durch die Saugbewegung des Mundes heraufgezogen werden muss; und endlich 3) ist die fragliche Annahme ganz unstatthaft, weil die verdünnte Luft sich nicht immer weiter auszubreiten, sondern im Gegentheil wieder zusammenzuziehen strebt, wie bereits früher (§. 12.) gezeigt wurde. Man kann übrigens, um jene Einwendung ganz abzuschneiden, den Versuch anders anstellen, nämlich die torricellische Röhre zuerst gans voll Wasser saugen und dann erst ins Quecksilber stellen; denn nun müsste man das Wasser sehr leicht heraussaugen und somit auch das Quecksilbr zum Steigen bringen, wenn es durch den Druck der Atmosphäre in die Atmosphäre gehoben würde. Der Erfolg zeigt sich aber ganz anders; denn man kann nun das Wasser nicht mehr so leicht aussaugen, wie es sonst zu geschehen pflegt, sondern es hält viel schwerer, weil es an dem Quecksilber haftet, und man also mit dem Wasser zugleich auch das Quecksilber heraufziehen muss, und man kann mit dem grössten

Kraftaufwande das Quecksilber nicht höher heraufbringen, als man es vorher bei dem Aussaugen der Luft in die Höhe gezogen hatte. Ferner spricht für meine Behauptung auch noch die Thatsache: dass man in Glasröhren von verschiedener Weite das Quecksilber nicht auf gleiche Höhe saugen kann, sondern dass diese Höhe desto geringer erscheint, je grösser ihr Durchmesser ist. — Die Erscheinung des Saugens ist folgender Massen zu erklären. Bei dem Saugen muss die Luft in der Röhre distrahirt, herausgezogen und zugleich das mit ihr in Berührung und Adhärenz stehende Wasser oder Quecksilber mit heraufgezogen werden, und es verhält sich hiermit ungefähr ebenso, als wenn eine Last z. B. ein Gewicht vermittelst eines cylinderförmig gewundenen elastischen Metalldrathes in die Höhe gezogen werden sollte. Wenn nämlich das zu hebende Gewicht klein ist, so erlangt die Drathfeder schon bei einer geringen Distraction eine zum Heben der Last hinreichende Contractivkraft; ist aber das Gewicht grösser, so muss auch die Drathfeder weiter ausgedehnt werden, bis ihre Contractivkraft den erforderlichen Grad von Stärke erlangt. Ebenso muss auch die Luft in der Saugröhre um so weiter distrahirt werden, je schwerer die Wasser- oder Quecksilbersäule ist, welche dadurch in die Höhe gezogen und schwebend gehalten werden soll. Uebrigens ist noch zu bemerken, dass, obgleich man das Wasser oder Quecksilber in einer weiten Röhre verhältnissmässig *weniger hoch*, als in einer engen Röhre heraufsaugen kann, die in der weiteren Röhre über den Niveau gehobene Masse dennoch die in der engeren Röhre heraufgestiegene Menge, nach Verschiedenheit des Durchmessers beider Röhren, zehn, hundert, ja selbst tausend Mal und noch mehr überwiegen kann. Die Erscheinung, dass man durch das Saugen mit dem Munde in der weiteren Röhre eine viel grössere Menge Wasser oder Quecksilber in die Höhe zu ziehen vermag, beruht darauf, dass diese Flüssigkeiten in der weiteren Röhre eine verhältnissmässig

grössere Oberfläche bilden, der contractiven Luft und den gegenüberstehenden Wänden der Röhre, wodurch sie in die Höhe gehoben werden sollen, mehr Berührungs- oder Anziehungspuncte darbieten, indem hier ebenso wie in der hydraulischen Presse die Stärke der Wirkung mit der Grösse der wirksamen Oberfläche verhältnissmässig zunimmt.

§. 16.

Ueber die torricellische Röhre.

Gleichwie das Wasser im Stechheber, so wird auch das Quecksilber in der torricellischen Röhre durch Anziehung zurückgehalten. Ist die Glasröhre kürzer als 28 Zoll, so bleibt sie ganz mit Quecksilber gefüllt; ist sie aber länger, so sinkt das Quecksilber bis auf eine Höhe von 28 Zoll herunter. Dieses kömmt daher, weil das Quecksilber gewöhnlich etwas Luft und Feuchtigkeit enthält, welche bei einem gewissen Grade von Distraction aus dem Quecksilber hervortreten und den oberen Theil der Glasröhre einnehmen muss. So lange nämlich die Distraction nicht stärker ist, als das Gewicht einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule, so braucht die Luft nicht aus dem Quecksilber hervorzutreten, indem sie von demselben hinreichend angezogen und zurückgehalten wird; ist aber die Quecksilbersäule höher als 28 Zoll und somit die dadurch bewirkte Distraction verhältnissmässig stärker, so kann das Quecksilber die Luft nicht mehr zurückhalten, dieselbe muss also hervortreten, den oberen Raum der Glasröhre einnehmen und demnach das Quecksilber so tief sinken, bis die Säule so kurz und die dadurch bedingte Distraction so gering geworden ist, dass sie keine Luft mehr aus dem Quecksilber hervorziehen und die in dem oberen Raume der Glasröhre befindliche Luft nicht mehr weiter ausdehnen kann. Die Luft kömmt aus dem Quecksilber in der torricellischen Röhre blos desshalb hervor, weil sie da ebenso wie unter dem Recipienten der

Luftpumpe distrahirt und gewaltsam herausgezogen wird (S. 67.). Denn da die Wände der Glasröhre und das Quecksilber sich anfangs gegenseitig berühren und anziehen, so können sie einander nur dann loslassen, wenn eine andere Materie als Anziehungsstoff für beide dazwischen tritt (S. 23—24.). Da nun die Quecksilbersäule gemäss ihrer Schwere beständig mit grosser Kraft abwärts strebt, so wird die in den kleinen Zwischenräumen derselben befindliche Luft distrahirt und genöthigt hervorzutreten und den oberen Theil der Glasröhre einzunehmen. Und wenn einmal die unmittelbare Berührung und Adhärenz zwischen dem oberen Theile der Glasröhre und dem Quecksilber aufgehoben ist, und dieses nunmehr mit seiner ganzen Schwerkraft heruntersinkt, so wird die Luft noch viel stärker distrahirt und somit genöthigt, häufiger aus dem Quecksilber hervorzutreten und einen grösseren Theil der Glasröhre einzunehmen. Die Luft kann selbst schon anfangs, wenn die Röhre noch ganz bis oben an mit Quecksilber gefüllt ist, leicht distrahirt und aus dem Quecksilber hervorgezogen werden, und zwar besonders desshalb, weil dasselbe beinahe mit seiner ganzen Schwerkraft distrahirend wirkt, indem es nicht so fest an den Glaswänden zu adhäriren vermag, wie andere tropfbare Flüssigkeiten z. B. Wasser, Wein, Weingeist, Oel u. s. w. Das Quecksilber würde auch viel leichter und auf einer grösseren Höhe hängen bleiben, wenn die Glasröhre an ihrem oberen Ende mit einer Hülse von Metall z. B. von Silber oder Messing verschlossen wäre, so dass zwischen dieser Hülse und dem Quecksilber eine innigere Berührung und stärkere Adhärenz Statt finden könnte. — Uebrigens kann die Höhe, auf welcher das Quecksilber selbst in einer gewöhnlichen torricellischen Röhre hängen bleibt, verschieden sein, grösser oder geringer ausfallen, je nachdem die Röhre und das Quecksilber mit mehr oder weniger Sorgfalt gereinigt und von Luft und Feuchtigkeit befreit worden ist. Wenn die

Glasröhre und das Quecksilber nicht sorgfältig gereinigt und von Luft und Feuchtigkeit befreit worden ist, so bleibt das Quecksilber nicht unmittelbar an dem oberen Ende der Glasröhre hängen, sondern sinkt bis auf eine Höhe von ungefähr 28 Zoll herunter, wie wir oben gesehen haben. Wenn aber der Versuch mit grosser Sorgfalt angestellt wird, wenn die Glasröhre und das Quecksilber so viel als möglich gereinigt und von Luft und Feuchtigkeit befreit worden sind, so bleibt das Quecksilber unmittelbar an dem oberen Ende der Glasröhre hängen, und zwar so fest, dass es erst dann tiefer sinkt, wenn man die Röhre durch Aufstossen beträchtlich erschüttert; indem dadurch die Adhärenz zwischen dem Quecksilber und dem oberen Ende der Glasröhre aufgehoben und mithin ein Theil der in dem Quecksilber noch befindlichen Luft und Feuchtigkeit genöthigt wird hervorzutreten und den oberen Raum der Glasröhre einzunehmen. — Dass wirklich Luft und Feuchtigkeit aus dem Quecksilber hervortreten und den oberen Theil der torricellischen Röhre einnehmen könne, erscheint sehr begreiflich und annehmbar, wenn man erwägt, dass das Quecksilber immer noch Luft und Feuchtigkeit enthält, und dass man die letzten Antheile derselben, selbst durch sorgfältiges Auskochen der torricellischen Röhre nicht völlig daraus wegzuschaffen vermag. Man kann sich auch von der Wahrheit jener Behauptung sehr leicht durch einen Versuch überzeugen. Wenn man nämlich auf den oberen scheinbar leeren Theil der torricellischen Röhre abwechselnd eine beträchtliche Kälte oder Hitze künstlich einwirken lässt, so bleibt das Quecksilber nicht immer auf gleicher Höhe, sondern es steigt oder sinkt, je nachdem Kälte oder Hitze darauf einwirkt und zwar aus dem Grunde, weil die in dem oberen Theile der torricellischen Röhre befindliche Luft bei abnehmender Wärme sich mehr zusammenzieht, bei zunehmender Wärme hingegen weiter ausgedehnt wird. Man kann auch die Anwesenheit von Luft deutlich er-

kennen, wenn man die torricellische Röhre etwas schief hält, so dass das Quecksilber bis an das obere Ende derselben aufsteigt; denn alsdann findet man, in dem obersten Theile der Röhre ein kleines Luftbläschen, oft nur von der Grösse einer Stecknadelspitze, und so, dass man es mit freiem Auge manchmal nur mit Mühe bemerkt. Wenn man hierauf die torricellische Röhre wieder aufrichtet, so bemerkt man, dass das bemeldete Luftbläschen sich schnell ausbreitet, während das Quecksilber wieder zu seinem vorigen Standpuncte heruntersinkt. — Uebrigens bleibt die erwähnte Luft nicht immer sichtbar, wenn man die torricellische Röhre einige Zeit in der besagten schiefen Stellung hält; sondern in manchen Fällen verschwindet diese Luft bald wieder, was besonders dann Statt findet, wenn die Quantität derselben sehr gering ist und das Quecksilber selbst so viel als möglich von Luft befreit worden war. Denn unter solchen Verhältnissen kann das bischen Luft sehr bald von dem Quecksilber absorbirt werden, und dasselbe bleibt beim Aufrichten der Röhre wieder fest an dem oberen Ende derselben hängen und sinkt nur bei einer Erschütterung wieder herunter, indem alsdann die Luft wieder aus dem Quecksilber hervortritt. Diese Erscheinung, dass das Quecksilber so stark an dem oberen Ende der torricellischen Röhre adhärirt, beobachtet man nur bei sehr sorgfältig bereiteten Barometern, während sie bei den andern, wo die Luft und Feuchtigkeit nicht gehörig aus der Glasröhre und dem Quecksilber entfernt worden ist, nicht Statt findet. Die Erklärung des fraglichen Phänomens erscheint wohl begründet und unzweifelhaft, wenn man erwägt, dass das Quecksilber sich durch keine künstliche Mittel alle Luft entziehen lässt und, wenn es so viel als möglich entluftet worden ist, bei nächster Gelegenheit sehr schnell wieder neue Luft in sich aufzunehmen vermag, wie aus Folgendem erhellet. Selbst frisch destillirtes, dann in der atmosphärischen Luft gekochtes und erkaltetes Quecksilber, welches in der

Barometerröhre eine vollkommen glatte Oberfläche zeigt, lässt, wenn man es im luftleeren Raume stark kocht, noch Luft fahren, und zwar in solcher Menge, dass die ganze innere Wand der Röhre mit Luftbläschen besetzt wird. Wenn man ein im luftleeren Raume ausgekochtes Heberbarometer an der Atmosphäre stehen lässt, so absorbirt der mit der Luft in Berührung stehende Theil des Quecksilbers in kurzer Zeit so viel Luft, dass, wenn er im luftleeren Raume erhizt wird, an demselben bis zu einer Tiefe von $^1/_4$ Zoll und darüber Luftbläschen zum Vorschein kommen *). Im Laufe der Zeit kann die Luft nach und nach tiefer eindringen, sich sofort durch die ganze Quecksilbersäule des Barometers verbreiten und endlich zum Theil selbst in den oberen, freien Raum der Glasröhre übergehen, sich mit der daselbst schon befindlichen Luft vereinigen und folglich ein Sinken der Quecksilbersäule verursachen. — Dass der Raum über dem Quecksilber in der torricellische Röhre nicht absolut leer sei, sondern immer noch einige (bald mehr bald weniger) Luft und Feuchtigkeit, auch wohl selbst Quecksilberdünste enthalte, ist bereits auch von manchen Physikern anerkannt worden **). Für diese Annahme spricht auch die Erscheinung, dass an einem und demselben Orte die Barometer in ihrem Stande theils mehr theils weniger differiren, und ebenso auch mehr oder weniger Capillardepression zeigen; ferner, dass alle Barometer nach einer kürzeren oder längeren Reihe von Jahren immer einen tieferen Stand zeigen, als sie zur Zeit ihrer Verfertigung gezeigt haben und daher wieder ausgekocht werden müssen.

Die Höhe, auf welcher das Quecksilber unmittelbar an dem oberen Ende der Glasröhre hängen bleiben kann, beschränkt sich nicht auf 28 Zoll, sondern kann selbst

---

*) Anfangsgr. der Physik von *D. Scholz*. S. 576 — 77.

**) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Leere. S. 153. Art. Quecksilber. S. 1020. Anfangsgr. d. Physik von *D. Scholz*. S. 576 — 77.

40, 50, 60, 70, ja sogar 75 Zoll und darüber betragen, wenn der Versuch mit einer ausserordentlichen Sorgfalt angestellt wird, d. h. wenn eine ganz reine, trockene Glasröhre mit ganz reinem, trockenem Quecksilber gefüllt und durch Auskochen so viel als möglich von Luft befreit worden war. Diese merkwürdige Erscheinung wurde durch *Huygens* entdeckt, und nachdem derselbe seine Beobachtungen der Königl. Societät der Wissenschaften zu London mitgetheilt hatte, wurde der Versuch von *Boyle* und *Brounker*, dem damaligen Präsidenten besagter Societät in den Jahren 1662 und 1663 in England wiederholt, wie aus den philosophical transactions zu ersehen ist. *Boyle* füllte nämlich eine lange torricellische Röhre mit Quecksilber, welches er mit Hülfe der Luftpumpe aufs sorgfältigste von Luft befreit und 3 bis 4 Tage lang im ausgepumpten Recipienten stehen gelassen hatte, und verfuhr sodann, wie bei dem gewöhnlichen torricellischen Versuche; und es gelang ihm das Quecksilber anfangs auf einer Höhe von 34 Zoll, und späterhin 52, 55 und endlich selbst 75 Zoll hoch zu halten, indem die Röhre immer voll blieb, so dass man noch nicht wusste, bis wohin die grösstmögliche Höhe sich erstrecken könnte. *Boyle* machte noch die Bemerkung, dass wenn er auch die Glasröhre aus dem Quecksilber, worin ihr unteres Ende eingetaucht war, hervorhob und unverschlossen in freier Luft hielt, das Quecksilber dennoch nicht herausfloss. Wenn aber die geringste Luftblase in der Glasröhre entstanden war, entweder von selbst oder durch die Erschütterung, welche man durch Anschlagen der Glasröhre mitgetheilt hatte, so sank das Quecksilber sogleich herunter, und zwar bis zu der gewöhnlichen Höhe von 28 Zoll ungefähr *).

Der Engländer *Walis* spricht, nachdem er die gewöhnliche Erscheinung der torricellischen Röhre mitgetheilt, von dem in Rede stehenden Experimente wie folgt: « Hic

*) Journal des scavans. Tom. III. Pag. 116 — 117.

dissimulandum non est experimentum aliud illustre quidem et satis stupendum, quodque me de phaenomeni causa sollicitum tenuit. Nempe: si hydrargyrum inverso tubo suspensum, sit ante inversionem ab omni aëre accuratissime depuratum atque inversione caute facta, tubus in loco firmo ab omni concussione liber constituatur; hydrargyrum (aperto infra orificio) suspensum permanebit, etiam longe ultra altitudinem supra indicatam: si vero, hydrargyro sic suspenso vel tantillum aëris admittatur vel concutiatur tubus, statim praecipitabitur hydrargyrum usque ad solitam altitudinem, ibique post reciprocationes aliquot factas consistet.» *Walis* erzählt nun den Hergang der bei dieser Entdeckung Statt gefundenen Verhandlung und angestellten Versuche und fährt dann fort wie folgt: «Idemque ex eo tempore, frequenti experientia, in aperto aëre (absque antliae ope) experimentis *Brounkeri*, *Boylii*, aliorumque, crebro iteratis, (quibus et ego aliquando interfui) confirmatum est; hydrargyrumque non tantum ad solitam altitudinem (quo aequilibrium cum externo aëre fieret) puta ad pedis anglicani uncias 29 circiter, sed etiam ad uncias usque 40, 50, 60, imo et 72, suspendi deprehensum est, atque ita suspensum per dies aliquot consistere; sed concussione facta, vel tantillo aëris admisso, statim praecipitari ad aequilibrium usque ut de phaenomeni certitudine jam dubitandum non sit *). —

Derselbe Versuch wurde später auch noch von andern Physikern, namentlich von *Mariotte* und von der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Paris wiederholt, und zwar mit demselben Erfolg. *Muschenbroek* beschreibt dasselbe Experiment sehr genau und ausführlich, so dass seine Worte hier mitgetheilt zu werden verdienen. Nachdem derselbe die gewöhnliche Erscheinung der torricellischen Röhre angegeben und von dem Drucke der

*) *Walis* opp. math. Tom. I. Pag. 1050 in mechanica. Cap. XIV. de hydrostaticis prop. 13. (edit. 1695.).

Luft hergeleitet hat, fährt er fort wie folgt: « Il y a cependant une exception a faire ici, qui est que lorsqu'on se sert d'un tube frotté intérieurement, poli et lavé pendant longtems avec de l'alkohool, en suite bien seché, bien echauffé, et qu'on le remplit de mercure bouillant, bien purifié et degagé de toute partie aërienne; en se servant pour cela d'un entonnoir qui se termine en tube capillaire, et que lorsque le mercure est froid, on renverse le tube avec précaution, sans le secouer, pour le plonger dans une cuvette, ce tube demeure exactement rempli; lors même qu'il aurait 70 pouces de longueur, soit qu'on l'expose à l'air libre, *soit qu'on le mette dans le vuide*, ainsi que M. *Huygens* l'observa le premier. Si, lorsque le tube est en experience, et qu'il est droit, on le secoue un peu, le mercure se précipite promptement, et ne se contient alors que lorsqu'il est à la même hauteur que dans un baromètre ordinaire » *). In einem andern Werke macht *Muschenbroek*, nachdem er von dem eben erwähnten Experimente gesprochen, noch folgende Bemerkung: .... verum si rudiori methodo mercurius tubo infusus fuerit, simulac invertatur, descendit fluidum ad viginti novem pollices plerumque hic terrarum suspensum, sed nequaquam, uti prius fornici adhaeret. Quantum igitur non differunt tentamina cum omni sollicitudine aut levi manu instituta? **). Sehr auffallend ist es, dass jene merkwürdige Erscheinung in den meisten neueren physikalischen Schriften, sey es nun zufällig oder absichtlich, gar nicht erwähnt wird. Ausser dem oben erwähnten Werke von *Christian Wolff* und einigen ältern lateinischen Schriften, worin ich bereits früher jene merkwürdige Thatsache entdeckt hatte, fand ich nur bei *Muncke* in

---

*) Cours de physique experimentale et mathematique par *Pierre van Muschenbroek*. Leyde, 1769. 4. Tom. III. Pag. 116.

**) Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento etc. interpret. *Muschenbroek* orat. pag. XXII.

Gehler's phys. Wörterbuche Erwähnung derselben. Hier heisst es nämlich: « Es ist eine gemeine Erfahrung, dass in gut ausgekochten Barometern die Quecksilbersäule in der Röhre ganz festhängt und erst nach einer Erschütterung herabfällt. Eben dieses zeigt sich, wenn man das Barometer auch späterhin einige Zeit in umgekehrter Lage lässt, insbesondere aber, wenn man sie in dieser Richtung trägt oder mässig aufstösst und erschüttert. Diese Erscheinung ist vor längerer Zeit bekannt gewesen, und *Huygens* beobachtete schon, dass eine Säule von 75 Zoll Länge auf diese Weise getragen wurde» *). An einer andern Stelle sagt *Muncke*: «Werden gut ausgekochte Barometerröhren umgekehrt, so bleibt das Quecksilber in der ganzen Röhre hängen, und es gehört nicht selten eine bedeutende Erschütterung dazu, bis es so weit herunterfällt, als der jedesmalige Barometerstand erfordert, es bleibt dann zuweilen ein Theil im oberen Ende der Röhre hängen, und neigt man das Barometer wieder, so dass das Quecksilber die ganze Röhre füllt, so bleibt es *oft* zum zweiten und auch zu mehreren Malen hängen **). Hieraus erhellet nun bis zur Evidenz, dass die gegenseitige Anziehung zwischen dem Quecksilber und dem Glase hier in der torricellischen Röhre desto stärker sei, je weniger Luft und Feuchtigkeit darin enthalten ist; dass sie nicht nur viel stärker, als in der freien atmosphärischen Luft, sondern auch im Stande sei, das ganze Gewicht einer grossen Quecksilbersäule zu tragen. — Dass übrigens das Quecksilber durch solche Anziehung nicht auf jeder beliebigen Höhe gehalten werden könne, ist sehr begreiflich, wenn man erwägt, dass die Anziehungskraft, wie jede andere physische Kraft, endlich ist, d. h. nicht jede irgend mögliche, sondern nur eine ihrer Intensität und

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. (neu bearbeitet) Art. Capillarität. S. 55.

**) Ebendaselbst. Art. Barometer. S. 885.

Extensität angemessene Last zu überwinden vermag, dass sie also ihr Mass und ihre Gränze, und folglich ein gewisses Maximum hat, welches sie nicht übersteigen kann. Auch ist zu erwägen, dass das Quecksilber, selbst wenn man es mit der grössten Sorgfalt vermittelst der Luftpumpe und durch Auskochen bearbeitet hat, dennoch immer einige Luft und Feuchtigkeit enthält, welche in der torricellischen Röhre bei sehr starker Distraction hervortreten und den oberen Raum der Glasröhre einnehmen kann. Demnach ist es sehr begreiflich, dass das Quecksilber durch die Adhärenz nicht auf jeder beliebigen Höhe, sondern selbst unter den günstigsten Verhältnissen nur auf einer gewissen (uns noch nicht bekannten) Stufe in der torricellischen Röhre gehalten werden könne; und dieses ist der höchste Gipfelpunct, welchen es niemals übersteigen und vielleicht selbst bei unseren gelungensten Versuchen niemals erreichen wird. Denn, da diejenigen Momente, welche auf das Gelingen der Versuche den grössten Einfluss haben, wie z. B. die Reinheit des Quecksilbers, die Güte der Instrumente und die Geschicklichkeit des Experimentators u. s. w. nicht immer in den günstigsten Verhältnissen vereinigt sind, so kann auch der Versuch nicht immer am vollkommensten gelingen und demnach auch das Quecksilber nicht immer auf der möglich grössten Höhe hängen bleiben. — Die Erscheinung, dass das Quecksilber, wenn seine Adhärenz an dem oberen Ende der torricellischen Röhre durch Aufstossen oder Einlassen einer Luftblase aufgehoben worden ist, gewöhnlich auf eine Höhe von ungefähr 28 Zoll heruntersinkt, lässt sich auch sehr gut erklären. Da die verschiedenen Körper bei einer unmittelbaren Berührung sich gegenseitig einander stärker anziehen, als wenn sie von einander entfernt und durch eine andere Materie z. B. Luft getrennt sind (S. 16—25.), so ist es begreiflich, dass durch die unmittelbare Anziehung (Adhärenz) eine höhere Quecksilbersäule in der torricellische Röhre ge-

halten werden könne, als vermöge derjenigen Anziehung, welche durch die in dem Raume zwischen dem Quecksilber und dem oberen Ende der torricellischen Röhre befindliche Luft und Dünste vermittelt und geschwächt wird. Wenn also die Adhärenz des Quecksilbers an dem oberen Ende der torricellischen Röhre aufgehoben worden ist, so muss dasselbe auf die Höhe von 28 Zoll heruntersinken, weil die durch die Luft und Dünste vermittelte und geschwächte Anziehung nur eine so kurze Quecksilbersäule zu halten vermag. Hierbei ist auch noch folgender wichtige Umstand zu beachten. Gleichwie nämlich das Wasser bei einem hohen Grade von Distraction sehr schnell verdunstet und sich daher in der Saugpumpe nicht höher als ungefähr 32 Fuss heraufziehen lässt (S. 104—105.), so kann auch das Quecksilber bei einer sehr starken Distraction in einer äusserst verdünnten Luft, in einem quasi leeren Raume Dünste entwickeln und, indem diese den oberen Theil der torricellischen Röhre einnehmen, soweit heruntersinken, bis die Säule so kurz und die dadurch bewirkte Distraction so gering geworden ist, dass sie keine Dünste mehr entwickeln und die in dem oberen Raume der Glasröhre befindliche Luft und Dünste nicht mehr weiter ausdehnen kann, was erst dann Statt findet, wenn die Höhe der Quecksilbersäule nur 28 Zoll ungefähr beträgt, und also sich zu der Höhe der in der Saugpumpe heraufgezogenen Wassersäule ebenso verhält, wie das specifische Gewicht des Wassers zu dem des Quecksilbers. Dass das Quecksilber unter den ebenerwähnten Verhältnissen Dünste entwickeln könne, lässt sich nicht wohl bezweifeln, zumal da es auch bereits von den Naturforschern anerkannt ist, dass dasselbe bei blosser Sonnenwärme, ja selbst bei gewöhnlicher Temperatur nicht nur in der torricellischen Leere unserer gewöhnlichen Barometer, sondern auch sogar in der dichten atmosphärischen Luft verdunste *). Dass Quecksilber bei der ge-

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Quecksilber. S. 1020. Ferner

wöhnlichen Temperatur verdampft, erkennt man aus dem Weisswerden eines Goldblättchens, welches von einem Korkstöpsel in eine Flasche hängt, an deren Boden sich nur etwas Quecksilber befindet, und die an einem ganz ruhigen Orte im Keller einige Tage lang stehen bleibt*).

Man glaubte einen unumstösslichen Beweis für die Lehre vom Drucke der Luft darin zu finden, dass das Quecksilber in der Barometerröhre nach und nach heruntersinkt, wenn man dieselbe unter einen Recipienten stellt und die Luft daraus wegpumpt, oder wenn man das Barometer in eine höhere Gegend der Atmosphäre, z. B. auf einen hohen Thurm oder Berg bringt; allein diese Erscheinung lässt sich auch sehr gut nach der von mir aufgestellten Theorie erklären. Was nun zunächst das Sinken des Quecksilbers unter dem Recipienten der Luftpumpe anbelangt, so ist Folgendes zu bemerken. Durch das wiederholte Ausziehen des Kolbens der Luftpumpe wird die Luft unter dem Recipienten immer mehr distrahirt, und sie erlangt somit eine Contractivität, welche nach und nach immer mehr zunimmt, je weiter sie durch die Luftpumpe ausgedehnt wird, wie bereits früher (§. 12.) erklärt worden ist. Die in dem Recipienten zurückbleibende Luft strebt also sich zu contrahiren und zugleich das Quecksilber, welches mit ihr in Berührung und Adhärenz begriffen ist, mit sich fort und folglich auch aus der torricellischen Röhre herunterzuziehen, und da dasselbe schon vermöge seiner Schwere beständig abwärts strebt, so ist es auch im Stande die Contractivität der in dem oberen Theile der torricellischen Röhre befindlichen Luft, vermittelst welcher sie durch Anziehung beständig in der Höhe gehalten wird, zu überwinden, folglich auch herunterzusinken, und zwar um so tiefer, je mehr die in

---

Anfangsgründe der Physik von *D. Scholz.* Dritte Auflage. S. 466.

*) Anfangsgr. der Physik von *D. Scholz.* S. 489.

dem Recipienten zurückbleibende Luft durch fortgesetztes Spiel der Luftpumpe distrahirt und in ihrer Contractivität gesteigert wird. Die Höhe, auf welcher das Quecksilber hängen bleibt, ist nicht immer dieselbe, sondern kleiner oder grösser: 1) je nachdem die torricellische Röhre und das Quecksilber mehr oder weniger Luft und Feuchtigkeit enthält, und 2) je nachdem der Recipient durch die Luftpumpe mehr oder weniger ausgeleert wird.

Die in dem oberen Theile der torricellischen Röhre befindliche Luft behält fortwährend ihre Contractivität und ist im Stande, das gesunkene Quecksilber wieder schnell in die Höhe zu ziehen, sobald man die Contractivität der unter dem Recipienten zurückgebliebenen Luft wieder aufhebt, d. h. wenn man diese distrahirte Luft sich wieder gehörig verdichten lässt, indem man durch Eröffnung des Hahns der äussern atmosphärischen Luft den Eintritt in den Recipienten gestattet. Gleichwie das Quecksilber des Barometers unter dem Recipienten sinkt, wenn man die Luft daraus wegpumpt, so muss es auch sinken, wenn das Barometer in eine höhere Region der Atmosphäre gebracht wird. Denn da die Luft in den höheren Gegenden sehr stark distrahirt ist und sich demnach mit einer sehr grossen Kraft zu contrahiren strebt, wie bereits früher erklärt wurde (§. 13.), so muss sie sich auch ebenso verhalten und auf das Quecksilber des Barometers ebenso wirken, wie die distrahirte Luft unter dem Recipienten. Das Quecksilber des Barometers muss also desto tiefer sinken, je höher man damit in der Atmosphäre aufsteigt, weil da die Contractivität der Luft stets zunimmt, in dem Verhältnisse, wie die Dichtheit derselben abnimmt. — Aus diesen Erklärungen erhellet also, dass das Sinken des Quecksilbers in der torricellischen Röhre unter dem ausgepumpten Recipienten und in den höheren Gegenden der Atmosphäre fernerhin nicht mehr als ein Beweis für den Druck der Luft, sondern ebenso gut auch für meine Theorie geltend gemacht werden kann.

Dass aber das Quecksilber wirklich nicht durch den Druck der Luft, sondern durch Anziehung in der torricellischen Röhre gehalten werde, dafür sprechen unter andern folgende Thatsachen:

1) Die Erscheinung, dass wenn die torricellische Röhre mit ihrem oberen verschlossenen Ende an eine Wage aufgehängt wird, das Gewicht, welches nöthig ist um ihr das Gleichgewicht zu halten, genau ebenso viel beträgt, als wenn dieselbe Röhre umgekehrt, d. h. mit ihrem offenen Ende zu oberst aufgehängt und nun gewogen wird; denn hieraus erhellet, dass die Quecksilbersäule in beiden Fällen, ebenso wie die Glasröhre, nach Massgabe ihrer Schwere an der Wage zieht und durch ein aufgelegtes Gewicht aufgewogen werden muss, dass sie also nicht durch die Atmosphäre schwebend in der torricellischen Röhre gehalten wird, sondern nur vermöge der Anziehung darin hängen bleibt. Man könnte mir freilich wieder einwenden, dass hier eigentlich nicht das Gewicht des Quecksilbers, sondern die auf dem oberen Ende der torricellischen Röhre ruhende Luftsäule aufgewogen werden müsse. Allein die Unhaltbarkeit dieser Einwendung erhellet schon aus dem, was über denselben Gegenstand bereits bei dem Stechheber bemerkt worden ist (S. 91—92.), so dass eine weitere Erörterung hier ganz überflüssig erscheint. Wenn man die torricellische Röhre in verticaler Richtung mässig schnell ab- und aufwärts bewegt, so dass die Quecksilbersäule darin abwechselnd auf- und absteigt, so fühlt man deutlich, dass das Quecksilber vermittelst einer contractiv-elastischen Flüssigkeit, nämlich durch die Vermittelung der distrahirten Luft, an der Glasröhre hängt, dass es nach jedem Aufsteigen stossweise mit mehr Gewalt herauszufallen und dabei selbst die Glasröhre mit abwärts zu ziehen strebt, so dass man dieselbe fester halten muss, um sie nicht aus den Fingern entschlüpfen zu lassen. Wenn man ferner die torricellische Röhre, nachdem sie mehrmals auf- und abwärts

bewegt worden ist, auf einmal still hält, so steigt das Quecksilber doch noch einige Male auf und ab, wobei diese oscillatorischen Bewegungen immer kleiner und kürzer werden, bis sie endlich ganz aufhören, so dass die Quecksilbersäule sich ebenso verhält, wie ein schwerer Körper, welcher an einem cylinderförmig gewundenen elastischen Metalldrathe hängt und vermittelst desselben auf- und abwärts bewegt wird. Die Erscheinungen, welche bei diesem Versuche mit der torricellischen Röhre Statt finden, können durchaus nicht von einer entsprechenden Schwankung in der Atmosphäre abgeleitet werden, 1) weil in der freien Luft solche regelmässige Oscillationen nicht Statt finden, 2) weil auch die dabei in Bewegung gesetzte Luftmasse viel zu klein ist, als dass sie eine so grosse Quecksilbersäule so leicht und schnell bewegen könnte, und 3) weil das eigenthümliche Gefühl, welches bei diesem Versuche in der Hand Statt findet, durch keine Schwankung der Luft hervorgebracht werden kann.

2) Die Erscheinung, dass die kleinen Luftbläschen, welche bei der Füllung der torricellischen Röhre mit dem Quecksilber eingeschlossen worden und an den innern Wänden derselben als kleine Bläschen von der Grösse einer Stecknadelspitze bis zu der eines Stecknadelkopfes äusserlich sichtbar geblieben sind, bei dem Aufrichten der Glasröhre an Umfang zunehmen und zwar verhältnissmässig mehr oder weniger, je nachdem sie in einem höheren oder niederen Theile der Quecksilbersäule sich befinden, d. h. je nachdem die unterhalb derselben herabhängende Quecksilbersäule an Länge und Schwere grösser oder kleiner ist. Denn da die Luft keine absolute Expansivkraft besitzt, wie bereits früher (§. 12.) gezeigt wurde, so erhellet auch, dass die erwähnten Luftblasen in der torricellischen Röhre sich nicht vermöge einer selbstthätigen Expansion ausbreiten, sondern durch die daran hängende Quecksilbersäule distrahirt werden, und dass folglich das Quecksilber nicht durch einen Druck der At-

mosphäre, sondern vermöge der Anziehung oder Adhärenz in der torricellischen Röhre zurückgehalten werden müsse. Hierfür spricht auch die Erscheinung, dass bei jedem Versuche, wo die Quecksilbersäule nicht an dem obersten Theile der torricellischen Röhre unmittelbar hängen bleibt, sogleich Luft aus demselben hervortritt und den oberen freien Raum einnimmt, und dass diese Luft um so weiter ausgedehnt wird, je länger und schwerer die daran hängende Quecksilbersäule ist. Um sich noch mehr zu überzeugen, dass in der torricellischen Röhre die Luft nicht etwa vermöge einer eigenthümlichen Expansivkraft sich ausbreite, aus dem Quecksilber hervortrete und dasselbe herunterdrücke, kann man folgendes Experiment anstellen. Man nehme eine lange an beiden Enden offene Glasröhre, deren Weite ungefähr eine Linie beträgt, befestige an das eine Ende derselben eine aus Messing oder einem andern luftdichten Material verfertigte Hülse mit einem Hahn, welcher jedoch nicht ganz durchbohrt, sondern nur mit einer kleinen Höhlung z. B. von der Grösse einer Erbse versehen ist, so dass man durch Umdrehung des Hahns eine kleine, bestimmte Quantität Luft in die Glasröhre einlassen kann. Man giesse nun eine kleine Quantität Quecksilber, welche zur Bildung einer kleinen Säule z. B. von 6 Zoll Länge hinreicht, durch die untere Oeffnung in die Glasröhre, kehre dieselbe bei verschlossenem Hahn um, und halte sie, wenn die Quecksilbersäule ein wenig heruntersinkt und etwas Luft in dem oberen Raume geblieben ist, in senkrechter Stellung ruhig*), bis das

---

*) Am Besten ist es, wenn man die Hülse sammt der Glasröhre in einer senkrechten Stellung befestigt, so dass bei dem Umdrehen des Hahns keine Erschütterung Statt findet, und also die Beobachtung leichter, sicherer und genauer angestellt werden kann. Es versteht sich wohl von selbst, dass der Hahn sehr sorgfältig gearbeitet seie, vollkommen luftdicht schliessen muss, und bei dem Umdrehen ausser der bestimmten,

Quecksilber still steht, d. h. bis dasselbe (nach der herrschenden Lehre) mit der äussern atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht getreten ist, und die in dem oberen Raume der Glasröhre unterhalb dem Hahn befindliche Luft sich nicht mehr weiter ausbreiten kann. Alsdann lasse man durch Umdrehung des Hahns die in der kleinen Höhlung desselben befindliche Luft in die Glasröhre eintreten und bemerke genau die Höhe, wie weit das Quecksilber heruntersinkt; hierauf lasse man durch wiederholtes Umdrehen des Hahns mehrmals nach einander eine gleiche Menge Luft eintreten, bemerke jedesmal die Höhe, von welcher das Quecksilber herabsinkt, und man wird eine gewisse Grösse finden, um welche dasselbe bei jeder Umdrehung des Hahns herabsinkt. Man wiederhole nun den nämlichen Versuch mit verschiedenen, ein wenig grösseren oder kleineren Quecksilbersäulen und bemerke ebenfalls genau, wie weit sie bei jeder Umdrehung des Hahns herabsinken, vergleiche sodann die erhaltenen Resultate, und man wird finden, dass diese nach der herrschenden Lehre von der Elasticität und dem Drucke der Luft nicht erklärt werden können. Wenn nämlich die durch Umdrehung des Hahns in die Glasröhre eingelassene Luft wirklich eine expansive Kraft besässe und durch ihre Expansion das Quecksilber herabdrückte, so müsste, so oft durch Umdrehung des Hahns eine gleich grosse Quantität Luft eingelassen würde, diese immer eine gleich starke Wirkung hervorbringen und somit die Quecksilbersäule auch immer gleich tief herabdrücken; nun aber zeigt sich der Erfolg ganz anders. Denn die Quecksilbersäule sinkt in den verschiedenen Versuchen bei dem Umdrehen des Hahns nicht immer gleich tief, sondern mehr oder weniger, je nachdem sie länger oder kürzer, d. h. je nachdem ihre Länge und Schwere grösser oder kleiner

---

in seiner kleinen Höhlung befindlichen Luft keine andere einschleichen lassen darf.

ist, obgleich bei jeder Umdrehung des Hahns immer eine gleich grosse Quantität Luft in die Glasröhre eingelassen wird. Hieraus erhellet also augenscheinlich, dass die Quecksilbersäule nicht durch die kleine in die Glasröhre eingelassene Luftmenge herabgedrückt werde; ferner dass die mehr oder weniger grosse Ausbreitung dieser Luft nicht von einer ihr eigenthümlichen Expansivkraft, sondern von einer durch die Quecksilbersäule bewirkten stärkeren oder schwächeren Distraction herrühre. Hieraus lässt sich nun weiter folgern, dass das Quecksilber nicht durch den Druck der Atmosphäre, sondern vermöge einer Anziehung in der Glasröhre zurückgehalten werde, und dass bei dem gewöhnlichen torricellischen Versuche die Luft, welche den oberen Theil der Glasröhre einnimmt, nicht vermöge einer eigenthümlichen Expansivkraft sich ausbreite und aus dem Quecksilber hervortrete, sondern wirklich aus demselben hervorgezogen und distrahirt werde. — Dass die gegenseitige Anziehung zwischen den Wänden der Glasröhre, dem Quecksilber und der besagten Luft sehr stark sei, erhellet auch daraus, dass, sobald die torricellische Röhre aufgerichtet wird und das Quecksilber heruntersinkt, die Luft sogleich aus demselben hervortritt und den oberen Raum einnimmt, welcher von ihm verlassen wird; und dass, wenn man die torricellische Röhre wieder neigt, so dass das Quecksilber wieder bis an den obersten Punct derselben aufsteigt und daselbst stehen bleibt, die Luft von dem Quecksilber wieder absorbirt wird. Denn, da das Quecksilber und das Glas in der torricellischen Röhre sich gegenseitig berühren und stark anziehen, so können sie nur dann einander loslassen, wenn eine andere Materie als Anziehungsstoff für beide dazwischen tritt, und demnach muss, sobald das Quecksilber heruntersinkt, die Luft aus demselben hervortreten und den oberen Theil der Glasröhre einnehmen, wie bereits früher erklärt wurde (S. 112—15.). Wenn nachher bei der Neigung der torricellischen

Röhre diese äusserst distrahirte Luft sich wieder mehr zusammenzieht, und das Quecksilber wieder aufsteigt und mit dem oberen Ende der Glasröhre wieder näher zusammenkömmt, so wird die Luft wieder von dem Quecksilber absorbirt. Hierher gehört auch folgende von *Priestley* beobachtete Erscheinung. Dieser brachte zu ausgekochtem Wasser in der torricellischen Röhre ein beliebiges Gas und fand, dass dasselbe, wenn er die Barometerröhre neigte, so dass sie der horizontalen Linie näher kam und das Quecksilber aufstieg, absorbirt wurde, und dass es bei dem Aufrichten der Röhre, wenn das Quecksilber zurückfiel, wieder zum Vorschein kam.

3) Dass das Quecksilber nicht durch einen Druck der Luft, sondern durch Anziehung in der torricellischen Röhre zurückgehalten werde, dafür spricht auch der Versuch, welcher mit einem gläsernen Stechheber und Quecksilber von mir angestellt und bereits früher (S. 94.) beschrieben wurde. Denn hieraus erhellet deutlich, das das Quecksilber nicht durch den Widerstand der Luft, sondern durch Anziehung in dem gläsernen Stechheber und ebenso auch in der torricellischen Röhre zurückgehalten werde. Dafür spricht ferner auch:

4) Die Erscheinung, dass das Quecksilber in der torricellischen Röhre desto weniger sinkt, je sorgfältiger man mit Hülfe der Luftpumpe und durch Auskochen die Luft daraus entfernt hatte; dass in gut ausgekochten Barometerröhren das Quecksilber in der ganzen Röhre hängen bleibt, und nicht selten eine bedeutende Erschütterung dazu gehört, bis es soweit heruntersinkt, als es der jedesmalige Barometerstand erfordert; dass die Entfernung der Luft und Feuchtigkeit aus den Barometerröhren die sogenannte Capillardepression zwischen dem Glas und dem Quecksilber aufhebt und in augenscheinliche Attraction und Adhäsion umwandelt, so dass die Oberfläche der Quecksilbersäule in der Glasröhre anstatt convex zu sein, wie sie sonst gewöhnlich ist, ganz concav erscheint,

wie durch zahllose beim Auskochen der Barometer angestellte Versuche bewiesen, und unter Andern von *Tob. Mayer*, *Casbois*, *Laplace*, *Lavoisier*, *Biot* und *Parrot* beobachtet worden ist*), und dass diese Anziehung und Adhärenz um so eher und stärker erscheint, je sorgfältiger das Barometer verfertigt worden, je weniger Luft und Feuchtigkeit es enthält. Ferner spricht für meine Behauptung die bereits angeführte merkwürdige Erscheinung, dass das Quecksilber unter solchen sehr günstigen Verhältnissen zuweilen selbst auf der ausserordentlichen Höhe von 60, 70 bis 75 Zoll hängen blieb. Diese auffallende Erscheinung wurde von mehreren Naturforschern untersucht und auf verschiedene Weise erklärt; aber die meisten dieser Erklärungen beruhen blos auf unbegründeten Hypothesen.

Huygens, welcher wohl einsah, dass die atmosphärische Luft nicht im Stande sei, das Quecksilber auf einer so ausserordentlich grossen Höhe in der torricellischen Röhre zu halten, suchte diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass er annahm: «es gäbe ausser der bekannten, dicken atmosphärischen Luft noch eine viel feinere, durch den ganzen Weltraum verbreitete luftartige Materie (Aether), welche im Stande sei alle Körper, selbst das Glas zu durchdringen, und unter günstigen Umständen ihren Druck mit dem der atmosphärischen Luft vereinigen und alsdann das Quecksilber auf einer ausserordentlich grossen Höhe halten könne. Wenn nämlich das Quecksilber nicht sorgfältig gereinigt und von aller Luft befreit wäre, so sey es nicht dicht genug um der feinen subtilen Materie den Durchgang zu verwehren, diese könne also sowohl durch das Quecksilber selbst, als auch durch das Glas in den oberen Raum der torricellischen Röhre eindringen, und alsdann ebenso stark von oben, als von unten auf das Quecksilber drücken, und demnach müsse dasselbe

*) *Gehler's* phys. Wörterb., Art. Barometer. S. 907.

sich so verhalten, als wenn es von dieser feinen Materie gar nicht gedrückt würde, es müsse also heruntersinken bis auf eine Höhe von 28 Zoll ungefähr, welche Säule allein von der atmosphärischen Luft in der torricellischen Röhre gehalten würde. Wenn aber das Quecksilber auf's sorgfältigste gereinigt und von aller Luft befreit wäre, so sey es viel dichter und fähig der feinen, subtilen Materie den Durchgang zu versperren, so dass diese weder von unten herauf durch das Quecksilber, noch von oben durch die Glaswände in den oberen Raum der torricellischen Röhre eindringen könne; die feine, subtile Materie könnte demnach nur von unten einen Druck auf das Quecksilber ausüben, und wäre daher im Stande, dasselbe auf einer ausserordentlich grossen Höhe in der torricellischen Röhre zu halten.» — Hier lässt sich aber füglich fragen: warum die Theilchen der feinen Materie nicht auch dann, wenn die torricellische Röhre noch ganz angefüllt ist, sogleich eindringen und ihren Druck von oben auf das Quecksilber ausüben können, da sie doch gemäss der Annahme von *Huygens* alle Körper und selbst das Quecksilber und Glas leicht durchdringen sollen? Diese Schwierigkeit sucht *Huygens* dadurch zu beseitigen, indem er sagt: «dass die Theilchen jener feinen Materie in dem Quecksilber und Glas zwar freie Durchgänge fänden, dass sie aber wegen ungenügender Weite derselben nicht mehrere zugleich mit einander durchgehen, sich auch nicht mit derjenigen Kraft darin bewegen könnten, welche erforderlich wäre, um die an einanderhängenden Theilchen des Quecksilbers zu entfernen. Und dieser nämliche Zusammenhang ist die Ursache, dass, obwohl mehrere dieser Theilchen von Seite der innern Oberfläche des Glases, welche das Quecksilber berührt, von dieser feinen Materie gedrückt werden, dennoch auch eine grosse Menge derselben keinen Druck erleiden, indem sie durch die Theile des Glases, hinter welchen sie sich befinden, geschüzt sind; die einen Theilchen halten die andern, und

somit bleiben alle hängen, weil die Oberfläche des Quecksilbers, welche mit dem Glase in Berührung steht, viel weniger Druck erleidet, als die Grundfläche der Quecksilbersäule, welche der Einwirkung der feinen Materie ganz ausgesetzt ist. — Uebrigens gesteht *Huygens* selbst, dass diese Auflösung der erwähnten Schwierigkeit ihm selbst nicht vollkommen genüge und nicht jeden Zweifel beseitigt habe, dass er aber dessen ungeachtet doch von dem neuen Drucke, welchen er angenommen habe, fest überzeugt sei» *). — Die Erklärung von *Huygens*, welche auch von einigen andern Physikern angenommen wurde, ist aber ungegründet und unstatthaft; denn 1) Lässt sich die Existenz einer solchen eigenthümlichen, äusserst feinen, alle Körper durchdringenden Materie durchaus nicht nachweisen; und 2) wäre eine solche Materie, wenn sie auch wirklich existirte, nicht im Stande, die in Rede stehende Erscheinung hervorzubringen; denn sie würde dann bei jedem Experimente, wenn auch das Quecksilber gar keine Luft enthielte, sogleich durch das Glas in den oberen Raum der torricellischen Röhre eindringen und sodann das Quecksilber bis zu der Höhe von 28 Zoll herabdrücken. Die Erklärung, wodurch *Huygens* diesen gegründeten Einwurf zu beseitigen sucht, ist augenscheinlich zu gezwungen und unhaltbar, als dass sie einer besonderen Erörterung und Widerlegung bedürfte.

Walis bemühte sich ebenfalls jene auffallende Erscheinung zu erklären, und da er dieselbe nicht mit den Gesetzen der Statik in Uebereinstimmung bringen konnte, so behauptete er, dass die Körper an und für sich nicht schwer, sondern nur träge und zur absteigenden Bewegung eben so wenig, als zur aufsteigenden geneigt seien, und dass die Schwere der Körper eigentlich nur auf dem Drucke der Luft oder des Aethers beruhe; und von diesem

---

*) Journal des scavans Tom. III. (aus 1672, 1673, 1674.) Pag. 120—121.

Gesichtspuncte ausgehend, suchte er weiter den ausserordentlich hohen Stand des Quecksilbers in der torricellischen Röhre zu erklären. — Diese Erklärung aber ist so gezwungen und unhaltbar, dass sie hier nicht weiter mitgetheilt und widerlegt zu werden verdient.

Brounker, welcher zur Zeit, als oben erwähnte merkwürdige Erscheinung zuerst beobachtet wurde, Präsident der Königl. Societät zu London war, hielt dafür, dass die atmosphärische Luft wirklich viel schwerer sei, als man bisher angenommen habe, und dass sie folglich auch im Stande sei, das sorgfältig von Luft befreite Quecksilber auf einer so beträchtlichen Höhe zu halten; dass sie aber gewöhnlich in der torricellischen Röhre das Quecksilber nur auf einer Höhe von 28 Zoll zu halten vermöge aus dem Grunde, weil noch Luft sich darin befände, welche durch ihren Gegendruck den Druck der Atmosphäre grossentheils aufhebe*). — Diese Erklärung aber ist ebenfalls unstatthaft; denn die in dem Quecksilber befindliche Luft ist, vermöge ihrer Schwere, nicht im Stande dem Drucke der ganzen Atmosphäre einen erheblichen Gegendruck zu leisten. Es lässt sich auch nicht annehmen, dass die in dem Quecksilber befindliche Luft, vermöge einer ihr eigenthümlichen expansiven Kraft aus demselben hervortreten, in den oberen Raum der torricellischen Röhre übergehen und sofort die Quecksilbersäule von ihrem anfänglichen Standpuncte an, z. B. von einer Höhe von 75 Zoll bis zu der Höhe von 28 Zoll herunterdrücken, und also den Druck der ganzen Atmosphäre grösstentheils aufwiegen, d. h. einer Quecksilbersäule von 47 Zoll Höhe das Gleichgewicht halten könne (S. 126—28.). Ueberdiess könnte die Luft, wenn sie auch eine solche expansive Kraft besässe, doch nicht die erwähnte Erscheinung hervorbringen. Denn wenn die Atmosphäre eine Quecksilbersäule von 75 Zoll aufzuheben

*) *Walis* opp. math. Tom. I. Pag. 1052.

vermöchte, so wäre sie auch im Stande, in einer kürzeren z. B. nur 30 Zoll langen torricellischen Röhre das Quecksilber so stark in dieselbe hinein und gegen das verschlossene obere Ende derselben anzudrücken, dass die geringe Quantität der in dem Quecksilber befindlichen Luft nicht im Stande wäre aus demselben hervorzutreten, in den oberen Raum der Glasröhre überzugehen und das Quecksilber bis zu der Höhe von 28 Zoll herabzudrücken.

Muschenbroeck kam bei der Erklärung jenes merkwürdigen Phänomens der Wahrheit viel näher, indem er die grosse Wirksamkeit der Anziehungskraft anerkannte. Nachdem er jenes Phänomen beschrieben, fährt er fort, wie folgt:

« Quelques uns ont crû devoir deduire de cette experience d'*Huygens* l'existence d'une matière éthérée, douée d'une certaine pesanteur; mais cet éther ne pénétrerait-il donc pas aisément les pores du verre, que le feu, la lumière, la matière electrique, et d'autres fluides moins déliés que cet éther, pénétrent facilement? Pourquoi cet éther ne pénétre-t-il point les pores de la voûte, qui termine le tube, et ne pousse-t-il point par en-bas le mercure qui remplit ce tube? Quelle force peut donc s'opposer à l'accès de cet éther, qui fait effort pour pénétrer le tube; quelle force peut lui resister et l'en expulser? Le mercure n'est point parfaitement dense, il n'est point totalement depourvu de pores, il n'obstrue point exactement ceux du tube, et même en supposant que le mercure remplit exactement ses pores, l'éther qui pénétrerait ceux qui appartiennent à la voûte du tube, serait en communication avec le mercure; il deploierait son action contre ce fluide; il le presserait de haut en bas; il le forcerait donc à descendre jusqu'à ce qu'il ne fût plus qu'à 29 pouces d'élévation; c'est à dire, jusqu'à ce qu'il n'éxcédât pas la hauteur qu'il acquiert ordinairement, ce qu'il n'arrive jamais, à moins qu'on ne secoue le tube, et alors le mercure est repoussé des parois du

tube; son contact immediat est détruit; par ce moyen le verre agit moins fortement contre le mercure, qui en est éloigné: ce fluide cessant d'être soumis à la force qui le maitrisait, obéit à son propre poids et descend; par conséquent ce phénomène doit être rapporté à une autre cause qu'à la pression de l'éther.

Nous avons vu dans le chapitre de l'attraction et de la cohérence avec quelles forces les corps qui se touchent par de grandes surfaces, agissent les uns contre les autres en vertu de leur attraction; nous avons vu dans le même chapitre de combien cette force diminuait lorsque ces corps étaient séparés par un très petit espace seulement. On peut d'un autre côté considérer avec quelle force, quelle tenacité le mercure s'attache au verre; on en peut juger par les miroirs de glace, qui sont couverts de mercure, qu'on n'en peut séparer qu'avec peine en les raclant. Par conséquent lorsqu'on remplit un tube propre et sec avec du mercure parfaitement purifié de toute humidité et d'air, il est constant que ce mercure s'applique immédiatement aux parois de ce tube; de ce contact immediat suit une forte attraction qui le maitrise et qui le fait adhérer à ces parois avec une force que le poids de 70 pouces de mercure ne peut vaincre: mais si on secoue alors le tube de façon à causer un ebranlement aux parois du tube, et à repousser un peu le mercure, l'attraction s'affaiblit alors, le poids du mercure prévaut, et il descend à la hauteur, à laquelle il se contient ordinairement dans le baromètre» *). In einem andern Werke äussert sich *Muschenbroek* über dasselbe Phänomen auf folgende Weise: «Quo ad ejus (phaenomeni) vero causam spectat, nil aliorum philosophorum hypotheses morabor, verosimiliorem modo causam exponere sat erit; mercurius itaque omni defaecatus aëre

*) Cours de physique expérimentale et mathématique par *Pierre van Muschenbroek*. Leyde, 1769. Tom. III. Pag. 116. §. 2066.

densior procul dubio evadit, majorisque adeo magnitudinis fiunt ejus contactus cum internis tubi parietibus, quibus propterea majori attractionis vi, quam antea contingentes mercurii partes adhaereant necesse est, his vero partibus et aliae a parietum contactu remotae eadem attractionis vi conjunguntur et adhaerent, hisque porro aliae. Contenta igitur in tubis mercurii columna non toto suo pondere aequilibrium cum atmosphaera habet, sed quae ejus pars 29 pollicum altitudinem adaequat, ab atmosphaera, reliqua vero ab internorum parietum contactu sustinetur» *). *Muschenbroek* war also überzeugt, dass jenes auffallende Phänomen nicht von einem stärkeren Druck der Luft, sondern nur von der Anziehung herrühre, und er hielt sogar die Wirkung der Anziehung für weit grösser, als die des Drucks der Atmosphäre, indem er den Luftdruck nur eine Quecksilbersäule von 29 Zoll, die Anziehung aber eine Quecksilbersäule von 46 Zoll halten liess.

Mariotte, welcher ebenfalls die in Rede stehende merkwürdige Erscheinung zu erklären suchte, behauptete: «dass bei dem gewöhnlichen torricellischen Versuche die im Quecksilber befindliche Luft aus den Höhlungen desselben hervordringe und den oberen Theil der Glasröhre anfülle; wenn aber das Quecksilber aufs sorgfältigste von der Luft befreit worden wäre, so könne es auf einer ausserordentlichen Höhe in der Glasröhre bleiben, weil dann keine Luft den oberen Raum derselben einnehmen könne; und es sinke nur dann tiefer herunter, wenn die Glasröhre erschüttert würde und zwar aus dem Grunde, weil dann noch kleine Luftbläschen aus dem Quecksilber hervorbrächen und den oberen Raum der Glasröhre einnähmen. — Er nimmt also als Naturgesetz an, dass die Körper, welche mit einander in Berührung stehen, nicht von einander gerissen werden, so lange kein anderer Körper dazwischen

---

*) *Muschenbroek* Element. phys. Tom. II, Cap. XXXVI. de aëre §. 1088, in notis pag. 125. Edit. Venet.

treten kann» *). — Diese Erklärung stimmt mit der meinigen vollkommen überein, nur mit dem Unterschiede, dass *Mariotte* dabei der Anziehungskraft gar nicht erwähnt, die er eigentlich als die wahre und alleinige Ursache der fraglichen merkwürdigen Erscheinung und des von ihm anerkannten Naturgesetzes hätte betrachten sollen.

Muncke hat auch die Ueberzeugung, dass jenes merkwürdige Phänomen auf der Anziehung beruhe. Er sagt nämlich: «Das Phänomen erklärt sich ganz einfach aus der Adhäsion des Quecksilbers an die Wände der Röhre, welche unmittelbar nach dem Auskochen wegen der innigen Berührung, worin beide gekommen sind, am stärksten ist, aber das Phänomen auch selbst bei unausgekochten Röhren erzeugt» **).

Wenn nun die Anziehung hier unter den günstigsten Verhältnissen im Stande ist, eine Quecksilbersäule von 75 Zoll zu tragen, so lässt sich wohl annehmen, dass sie unter weniger günstigen Verhältnissen, (wenn nämlich der obere Theil der Glasröhre und das Quecksilber zwar nicht mehr in unmittelbarer Berührung und gegenseitiger Adhärenz sich befinden, aber doch nur durch eine äusserst verdünnte Luft von einander getrennt sind), eine Quecksilbersäule von 28 Zoll zu tragen vermöge. Denn die Glaswände und das Quecksilber können als Körper nicht nur bei unmittelbarer Berührung, sondern auch bei einiger Entfernung, sich gegenseitig anziehen (S. 24 u. 25.), zumal da die in ihrem kleinen Zwischenraume befindliche äusserst verdünnte Luft ihre gegenseitige Anziehung vermittelt und dabei sich selbst mit grosser Kraft zusammenzuziehen strebt (S. 63 u. 64.). — Dass das Quecksilber nicht durch den Druck der Luft, sondern durch Anziehung in der torricellischen Röhre gehalten werde, dafür spricht ferner noch:

*) *Du Hamel* philos. vetus et nova. Tom. IV. Pag. 252 et 253. Edit. Amstelod.

**) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 885 — 886.

5) Die Erscheinung, dass das Quecksilber, wenn es an dem oberen Ende der torricellischen Röhre adhärirt und keine merkliche Luftmenge enthält, selbst unter dem ausgepumpten Recipienten nicht sinkt, wie aus der Angabe von *Muschenbroek* (S. 118) erhellet. — Die nämliche Erscheinung kann man auch an guten Quecksilber-Thermometern wahrnehmen, welche in der an dem untern Ende befindlichen kugelförmigen Erweiterung kein Luftbläschen enthalten. Wenn man nämlich ein solches Thermometer umkehrt, so läuft das Quecksilber nicht in den freien Raum herunter, obgleich hier kein Widerstand der Luft Statt findet; nur wenn man mit dem Finger gegen das Ende des Thermometers ziemlich stark anschlägt, sinkt das Quecksilber herunter, indem sich alsdann oben in der kugelförmigen Erweiterung der Thermometerröhre eine Luftblase entwickelt, welche sich nachher, wenn man das Thermometer wieder aufrichtet und das Quecksilber zurücklaufen lässt, auf ein kleines Bläschen zusammenzieht, welches oft kaum sichtbar ist, und gewöhnlich nach einiger Zeit wieder verschwindet, indem es von dem Quecksilber wieder absorbirt wird *). Selbst wenn auch das

*) In manchen Thermometern sinkt das Quecksilber sogleich beim Umkehren herunter, wobei in der kugelförmigen Erweiterung derselben eine Luftblase sich zeigt. Dieses findet nämlich Statt, wenn das Quecksilber des Thermometers eine beträchtliche Luftmenge enthält, welche auch jedesmal, wenn man das Thermometer wiederaufrichtet, als ein punctähnliches Bläschen sichtbar bleibt. Dass die erwähnte Blase wirklich Luft sei, erhellet daraus, dass sie bei dem Umkehren des Thermometers gewöhnlich nicht an dem höchsten Puncte der kugelförmigen Erweiterung, sondern meistens an einer etwas tieferen Stelle erscheint; dass sie durch das Umdrehen der Thermometerröhre nach Willkühr verschoben werden kann; und dass sie bei dem Aufrichten des Thermometers sich immer auf ein deutlich sichtbares Bläschen zusammenzieht, welches bei dem Wiederumkehren des Thermometers sich wieder zu einer grossen Blase ausbreitet.

Luftbläschen noch sichtbar vorhanden ist, sinkt das Quecksilber doch nicht herunter, wenn man das Thermometer blos umkehrt, sondern man muss dasselbe immer beträchtlich stark anstossen. Wenn man nur schwach anstösst, so sieht man, dass das Bläschen sich in demselben Augenblicke etwas erweitert, aber auch sogleich wieder zusammenzieht und das Quecksilber nicht sinken lässt. Wenn man sofort das Anstossen mehrmals wiederholt und allmählig verstärkt, so sieht man, dass das Luftbläschen sich nach und nach etwas weiter ausbreitet, aber sich immer wieder zusammenzieht und das Quecksilber zurückhält; sobald aber der Anstoss so stark geworden, dass das Quecksilber bis zu einer gewissen Tiefe gesunken und das Luftbläschen bis zu einer beträchtlichen Grösse ausgedehnt worden ist, so vermag es nicht mehr sich wieder zusammenzuziehen, sondern muss sofort weiter nachgeben und das Quecksilber völlig herunter fallen lassen.

§. 17.

Ueber die Erscheinungen des Barometers insbesondere.

Da das Quecksilber nicht durch einen Druck der Luft in der torricellischen Röhre zurückgehalten wird, so kann auch das Sinken und Steigen desselben in dem Barometer nicht von einer Ab- und Zunahme des Luftdrückes abgeleitet werden. Da im Gegentheil das Quecksilber durch die Anziehung und zwar vermittelst der distrahirten contractiven Luft in der Glasröhre des Barometers zurückgehalten wird (§. 16.), und da zugleich die atmosphärische Luft, gemäss ihrer eigenthümlichen Contractivität, dasselbe stets herabzuziehen strebt (§. 13.), so ist es auch von beiden Seiten abhängig, und muss demnach sinken oder steigen, sobald das eine oder das andere dieser beiden Momente eine Veränderung erleidet, stärker oder schwächer wird. Es gibt mehrere Ursachen, welche zu diesen Veränderungen mehr oder weniger beitragen

können, wie z. B. die Anziehung der andern Weltkörper, namentlich des Mondes und der Sonne, ferner die Wärme, die Electricität und alle sonstigen Veränderungen, welche in der Atmosphäre Statt finden.

A. Einfluss des Mondes und der Sonne auf den Stand des Barometers.

Da die Einwirkung jener Weltkörper auf unsere Atmosphäre sich nicht immer gleich bleibt, sondern periodisch abwechselnd bald zu- bald abnimmt, so kann dadurch die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft und somit auch der Stand des Barometers verändert werden. Diese Differenz zwischen der stärksten und schwächsten Einwirkung ist jedoch, im Vergleich mit der Totalwirkung dieser Weltkörper, nur gering und um so schwerer genau und in ihrem wahren Werthe zu erkennen, da sie durch die Veränderungen, welche in der Atmosphäre sehr häufig z. B. bei den Witterungswechseln Statt finden, manchfaltig modificirt, mehr oder weniger verstärkt oder geschwächt oder auch ganz unmerklich gemacht werden kann. Indessen ist die Ab- und Zunahme der Anziehung jener Weltkörper doch beträchtlich genug, um an dem Barometer kleine Veränderungen hervorzubringen, welche jedoch nur bei sorgfältiger Beobachtung bemerkt und nach vieljähriger Erfahrung mit Sicherheit berechnet und näher bestimmt werden können.

I. *Einfluss des Mondes.* *Luke Howard* will aus eigenen einjährigen Beobachtungen zu Plaiston in Essex im Jahre 1798, und aus dem zehnjährigen zu London von 1787 bis 1796 angestellten Beobachtungen als Resultat gefunden haben, dass das Barometer in dem Neu- und Vollmonde sinke, in dem ersten und letzten Viertel dagegen steige, und zwar im Mittel um 0,4 Lin. engl. über oder unter den mittleren Stand. Durch diese Mittheilungen aufmerksam gemacht, sah *Cotte* sich bewogen, neue Untersuchungen über den Einfluss des Mondes auf das Barometer

anzüstellen, und er fand ebenfalls, wie *Howard*, dass das Quecksilber des Barometers in den Syzygien sinke und in den Quadraturen steige. Nach den Beobachtungen von *Cotte*, soll das Barometer auch bei dem Uebergange des Mondes aus dem nördlichen Lunistiz zu dem südlichen steigen, und im Gegentheil sinken, wenn der Mond aus dem südlichen Lunistiz in das nördliche übergeht; ferner soll dasselbe auch in der Erdferne einen höheren Stand zeigen, als in der Erdnähe. — Wenn diese Beobachtungen richtig sind, wie man wohl mit Recht erwarten darf, so lassen sie sich nach den von mir bisher entwickelten Grundsätzen sehr leicht und einfach erklären. — Da die Anziehung und Distraction der atmosphärischen Luft und somit auch ihre Contractivität während des Mondumlaufes sich ändert, und zwar in den Syzygien zu-, in den Quadraturen dagegen abnimmt, wie schon früher gezeigt wurde (S. 71 — 75), so kann auch das Quecksilber des Barometers nicht immer den nämlichen Stand beobachten, sondern es muss in den Syzygien sinken und in den Quadraturen steigen. — Das Barometer kann ferner steigen, wenn der Mond aus dem nördlichen Lunistiz in das südliche übergeht, weil dann die atmosphärische Luft der nördlichen Erdhemisphäre wegen der grösseren Entfernung des Mondes weniger angezogen und distrahirt wird, und folglich auch an Contractivität abnimmt. Im Gegentheil kann das Barometer sinken, wenn der Mond aus dem südlichen Lunistiz in das nördliche übergeht, weil dann die atmosphärische Luft der nördlichen Erdhälfte von dem näher rückenden Monde stärker angezogen und distrahirt wird, und demgemäss auch an Contractivität zunimmt. Aus den nämlichen Gründen kann das Barometer auch während der Erdferne steigen und während der Erdnähe sinken; indem die Anziehung und Distraction der atmosphärischen Luft und somit auch ihre Contractivität in dem ersten Falle wegen der grösseren Entfernung des Mondes geringer, und in dem zweiten Falle

wegen der kleineren Entfernung desselben grösser ist. Das Steigen oder Sinken des Barometers kann beträchtlicher werden, wenn mehrere der ebenerwähnten Momente in einer und derselben Zeit zusammentreffen und einander gegenseitig in ihrer Wirkung begünstigen, dagegen kann das Steigen oder Sinken auch geringer ausfallen, wenn die zu gleicher Zeit Statt findenden Momente einander entgegenwirken, wobei die verschiedenen Wirkungen mehr oder weniger modificirt, zum Theil auch wohl ganz aufgehoben werden können. Dieser Umstand mag wohl vorzüglich Ursache sein, dass die den einzelnen eben erwähnten Momenten des Mondeinflusses entsprechenden Veränderungen am Barometer nicht immer constant beobachtet worden sind.

II. *Einfluss der Sonne.* Dass die Sonne ebenfalls unsere Atmosphäre anziehen und die Einwirkung des Mondes periodisch abwechselnd bald verstärken bald schwächen könne, je nachdem sie zugleich mit dem Monde in einer und der nämlichen, oder in einer von der Wirkung desselben mehr oder weniger abweichenden Richtung einwirkt, haben wir schon früher (S. 72—75) gesehen. Es erhellet also auch, dass die Sonne durch ihre Anziehung einen gewissen Einfluss auf die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft und auf den Stand des Barometers auszuüben vermag, und wir finden auch in der That, dass das Barometer in dem Neu- und Vollmonde sinkt, in dem ersten und letzten Viertel hingegen steigt und zwar aus dem Grunde, weil die Anziehung des Mondes in den beiden ersten Fällen durch die Anziehung der Sonne verstärkt, in den beiden letzten Fällen aber geschwächt wird. Uebrigens lässt sich der Einfluss, welchen die Sonne an und für sich durch Ab- und Zunahme ihrer Anziehung ausübt, namentlich in den verschiedenen Tags- und Jahrszeiten, nicht wohl genau bestimmen, theils weil er an sich und im Vergleich mit dem Einflusse des Mondes nur gering ist, hauptsächlich aber, weil er unter

dem Einflusse ihrer Wärme, welcher viel grösser und wichtiger ist, beinahe ganz verschwindet. — Aus diesen Gründen können wir füglich von der Anziehung der Sonne nunmehr abstrahiren und gleich zur näheren Untersuchung des Einflusses der Wärme auf die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft und auf den Stand des Barometers übergehen.

B. Einfluss der Wärme.

Ein allgemeiner Einfluss der Wärme auf den Stand des Barometers wurde von mehreren Naturforschern z. B. von *Perrier*, *Garden*, *Halley*, *Lecat*, *Mairan*, *Copland*, und vielen Anderen angenommen, und zwar in der Art, dass sie ein Fallen desselben bewirken solle. Indessen wurde diese Annahme von *De Luc* bezweifelt und von *Cotte* und *Parrot jun.* geradezu als unstatthaft betrachtet *). Dieselbe lässt sich auch nicht so unbedingt aufstellen, denn obgleich eine Zunahme der Wärme gewöhnlich ein Sinken des Barometers verursacht, so kann sie doch unter gewissen Verhältnissen ein Steigen desselben bewirken, wie nun gezeigt werden soll.

Ehe wir den Einfluss der Sonnenwärme auf den Stand des Barometers betrachten, wird es zweckmässig sein, zuvor noch die Einwirkung derselben auf die verschiedenen Theile der Atmosphäre etwas näher zu untersuchen. —

Da die Erde während der Umdrehung alle Theile ihrer Oberfläche nach und nach der Sonne zuwendet, so werden auch alle Theile ihrer Atmosphäre der Einwirkung derselben ausgesetzt und zwar durch ihre Strahlen erwärmt und expandirt. Diese Einwirkung kann natürlicher Weise nicht alle aneinander gränzenden Theile der Atmosphäre zu gleicher Zeit treffen, sondern sie trifft zuerst die mehr östlich gelegenen Theile und schreitet sodann nach und nach zu den weiter westlich gelegenen Theilen fort, und

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 932.

ebenso trifft sie auch zuerst nur *die obersten höchsten Schichten der Atmosphäre*, und dringt sodann nach und nach auch *in die senkrecht darunter befindlichen unteren Schichten*, und zwar in dem Masse, wie der ihnen entsprechende Theil der Erdoberfläche allmählig der Sonne mehr entgegenrückt, bis er endlich selbst von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Sobald die östlich (von dem Beobachtungsorte) angrenzenden Theile und die obersten Schichten der Atmosphäre erwärmt werden und demnach an Contractivität abnehmen, so können die benachbarten westlichen Theile und die unteren Schichten der Atmosphäre, welche noch nicht erwärmt sind, sich etwas mehr zusammenziehen und verdichten (S. 76.), wodurch ihre Contractivität ebenfalls etwas vermindert und jener der erwärmten Luft gleich wird. Wenn diese verdichtete Luft in der Folge bei weiterem Vorrücken der Sonne selbst von den Strahlen derselben getroffen und erwärmt wird, so muss ihre Contractivität noch mehr abnehmen, und zwar um so geringer werden, je höher die Temperatur steigt. — Gleichwie nun während des Aufsteigens der Sonne die Einwirkung ihrer Strahlen von Osten nach Westen und *von Oben nach Unten* in der Atmosphäre fortrückt, so muss sie auch während des Absteigens der Sonne allmählig von Osten nach Westen und *von Unten nach Oben* fortrücken. Demnach müssen, da die Temperatur mit untergehender Sonne sinkt, die östlich gelegenen Theile und *die untersten Schichten* der Atmosphäre zuerst ihre Wärme wieder verlieren, folglich auch an Contractivität zunehmen und sich verhältnissmässig verdichten, dahingegen in den oberen Schichten und in den mehr westlich gelegenen Theilen der Atmosphäre die Abkühlung und Verdichtung erst später nach und nach eintritt. Sowie aber die zuletzt erkaltenden Theile der Atmospäre sich zusammenziehen und verdichten, werden dadurch die vorher erkalteten und verdichteten Theile wieder etwas ausgedehnt, distrahirt und zwar so weit, bis sie denjenigen

Grad von Dichtheit und Contractivität erreichen, welchen sie vor Aufgang der Sonne gehabt hatten. Wir sehen also, dass die atmosphärische Luft rings um die Erde täglich, d. h. innerhalb 23 Stunden 56 Minuten, periodisch abwechselnd an Contractivität ab- und wieder zunimmt, und dabei einmal auf ihr Minimum heruntersinkt, und dann wieder zu ihrem Maximum hinaufsteigt. — Die in dem oberen Theile des Barometers befindliche Luft wird ebenfalls durch die Einwirkung der Sonnenwärme verändert; die Periode dieser Veränderungen ist aber nicht von so langer Dauer, sondern beginnt später und hört früher wieder auf, als dieses bei den äusseren, den Barometer umgebenden Luftschichten der Fall ist. Denn die Contractivität dieser äusseren Luftschichten wird nicht nur durch die Temperaturwechsel, welche in ihnen selbst Statt finden, sondern auch durch diejenigen, welche früher und später in den senkrecht über ihnen befindlichen und in den östlich und westlich angrenzenden Luftschichten vorgehen, beträchtlich verändert, wie wir oben gesehen haben; dahingegen die in dem oberen Theile des Barometers befindliche Luft nur allein durch die in ihr selbst Statt findende Temperaturwechsel afficirt wird. Nachdem wir also die Veränderungen, welche durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen in den verschiedenen Theilen der Atmosphäre und in der im Barometer eingeschlossenen Luft hervorgebracht werden, genauer kennen gelernt haben, so können wir nun auch den Einfluss der Temperaturwechsel auf den Stand des Barometers näher betrachten.

Da der Stand des Barometers von zwei verschiedenen Momenten, nämlich einer Seits von der Contractivität der in dem Barometer eingeschlossenen Luft, und anderer Seits auch von der Contractivität der äussern atmosphärischen Luft abhängt, wie wir bereits früher (S. 114 u. 123.) gesehen haben, so muss das Quecksilber sinken oder steigen, so oft das eine oder andere Moment eine Veränderung erleidet. Da nun die Contractivität der Luft

stärker oder schwächer wird, je nachdem die Wärme ab- oder zunimmt, so muss das Quecksilber seinen Stand regelmässig verändern*), wenn die Temperatur periodisch wechselt, wie es täglich während der Umdrehung der Erde geschieht.

Die Zunahme der Wärme kann unter verschiedenen Verhältnissen sowohl ein Steigen, als auch ein Sinken des Quecksilbers im Barometer verursachen. Wenn nämlich Morgens die Sonne aufgeht, so kann die Luft an dem Beobachtungsorte sich, wegen der in den östlich angrenzenden Theilen und in den höheren Regionen der Atmosphäre Statt findenden Erwärmung, zusammenziehen, verdichten und demgemäss auch an Contractivität abnehmen, wie wir vorhin (S. 145.) gesehen haben; sie kann demnach mit weniger Kraft das Quecksilber des Barometers herunterziehen, und daher ist dieses im Stande, der in der Barometerröhre eingeschlossenen Luft, welche dasselbe beständig heraufzuziehen strebt, mehr zu folgen und also höher aufzusteigen. Das Quecksilber steigt aber nicht so lange, als die Sonne näher rückt und die Wärme zunimmt, sondern nur bis zu einem gewissen Grade, d. h. so lange, bis auch die in dem oberen Theile des Barometers eingeschlossene Luft beträchtlich erwärmt wird, und demnach an Contractivität abnimmt. Denn alsdann fängt das Quecksilber an, vermöge seiner Schwere, herunter zu sinken, und es sinkt sofort um so tiefer, je mehr die Wärme zunimmt, weil dann auch die Contractivität

---

*) Die Quecksilbersäule erleidet bei den Temperaturwechseln eine Veränderung ihres Volumens, wird nämlich länger oder kürzer, je nachdem die Wärme zu- oder abnimmt. Nach den Messungen von *Dulong* und *Petit* wird eine Quecksilbersäule bei der Erwärmung von dem Gefrier- bis zu dem Siedepunct des Wassers um $^1/_{55,5}$ ihrer ursprünglichen Länge und zwischen diesen Puncten gleichförmig ausgedehnt. Demnach beträgt diese Verlängerung der Quecksilbersäule für 1° C. $^1/_{5550}$, für 1° R. $^1/_{4440}$ und für 1° F. $^1/_{9990}$.

der erwähnten inneren Luft um so mehr abnimmt, folglich um so mehr nachgeben und das Quecksilber sinken lassen muss. Wenn die Temperatur den höchsten Grad erreicht hat und einige Zeit hindurch unverändert bleibt, so muss auch das Quecksilber still stehen, und zwar so lange, bis die Wärme wieder anfängt abzunehmen. Die Abnahme der Wärme kann ebenfalls unter verschiedenen Verhältnissen sowohl ein Sinken, als auch ein Steigen des Quecksilbers verursachen. Wenn bei absteigender Sonne die Wärme an dem Beobachtungsorte wieder abnimmt, so kann die Contractivität der äusseren atmosphärischen, wie auch der in dem Barometer eingeschlossenen Luft zunehmen und demnach sich mehr zusammenziehen und verdichten. Die in dem Barometer befindliche Luft verdichtet sich, indem sie das Quecksilber höher heraufzieht, während die äussere umgebende Luft sich dadurch verdichtet, dass sie andere Luft, welche eine verhältnissmässig geringere Contractivität besitzt, z. B. aus den noch mehr erwärmten höheren Regionen und den westlich angrenzenden Theilen der Atmosphäre herbeizieht (S. 145.). Das Quecksilber steigt aber nicht immer so fort, je mehr die Sonne sich entfernt und die Wärme abnimmt, sondern nur bis zu einem gewissen Grade, d. h. bis dass die den Barometer umgebende Luft wieder distrahirt und dadurch in ihrer Contractivität höher gesteigert wird. Denn, wenn diejenigen Luftschichten, welche die Sonnenwärme erst später verlieren, (wie z. B. die Luftschichten in den höheren Regionen und die westlich von dem Beobachtungsorte gelegenen Theile der Atmosphäre) anfangen sich zusammenzuziehen und zu verdichten, so wird dadurch die Luft an dem Beobachtungsorte distrahirt, sie muss also auch verhältnissmässig an Contractivität zunehmen, und demnach das Quecksilber des Barometers stärker herunterziehen. Das Quecksilber muss also fortwährend sinken, bis die äussere atmosphärische Luft denjenigen Grad von Spannung und

Contractivität erreicht, welchen sie vor dem Aufgange der Sonne gehabt hatte. Sobald aber des Morgens die Sonne zurückkehrt und ihre Einwirkung wiederholt, so muss auch das Barometer seine Oscillationen wieder anfangen und der Reihe nach fortsetzen, auf die nämliche Weise und aus denselben Gründen, wie vorhin angegeben wurde.

Diese Theorie dient zur Erklärung der täglichen regelmässigen Oscillationen des Barometers, welche bisher von vielen Naturforschern beobachtet worden, wie nun kürzlich angegeben werden soll.

Tägliche Periodicität des Barometers. Wer diese Erscheinung zuerst wahrgenommen habe, ist unbekannt. Sie soll zwar schon im Jahre 1682 von *Varin*, *Des Hayes* und *De Glos* auf Gorée, im Jahre 1690 von dem Pater *Bèze* zu Batavia und *Pondichery*, im Jahre 1722 von einem unbekannten Holländer auf Surinam und im Jahre 1740 von dem Pater *Boudier* zu Chandernagor beobachtet worden sein; sie war indessen unbekannt geblieben und wurde im Jahre 1735 von *Godin*, welcher mit *Bouguer* und *La Condamine* bei der peruanischen Gradmessung beschäftigt war, aufs Neue entdeckt und der gelehrten Welt bekannt gemacht. Später wurden die regelmässigen Oscillationen des Barometers auch von vielen anderen Naturforschern beobachtet und zwar in verschiedenen Breitegraden, so z. B. von *Thibault de Chanvallon* auf Martinique, *Mutis* in Santa Fè de Bogota, *Don Alzade y Raminez* in Mexico, *Lamanon* und *Mongès* auf dem atlantischen Meere zwischen 1° n. B. und 1° s. B., *Muschenbroek* in Leyden, *Rosenthal* zu Nordhausen, *Planer* in Erfurt, *Hemmer* in Mannheim, *Chiminello* in Padua, *Toaldo* in Venedig, *Trail*, *Farquhar*, *Pearce* und *Balfour* in Bengalen, *Alex. v. Humboldt* in Cumana, *Cassan* zu St. Lucie, *Bento Sanchez Dorta* zu Rio de Janeiro, *Horsburgh* in Bombay, China, im stillen und indischen Ocean, *Kater* auf dem Plateau von Mysore, *Leopold v. Buck* auf

den Canarischen Inseln, *Coutelle* in Kairo, *Horner* und *Langsdorf* in verschiedenen Gegenden des atlantischen, stillen und indischen Oceans, Capit. *Sabine* in Sierra Leone, St. Thomas und Jamaica, *Boussingault* und *de Rivero* in Guayra, *Eschwege* in Brasilien, ferner noch in Europa von *Duc-Lachapelle* in Montauban, *Ramond* und *Bouvard* in Paris, *v. Yelin* in München, *Muncke* in Marburg und nachher in Heidelberg*), und *Kämtz* in Halle**) u. s. w. *Wrigt* fand auf Ceylon die Oscillationen des Barometers so regelmässig, dass er behauptet, man könne die Zeit darnach bestimmen. *Lamanon*, welcher auf Veranlassung der französischen Akademie genaue Beobachtungen anstellte, fand, dass das Barometer Morgens von 4 bis 10 Uhr stieg, von da an bis 4 Uhr Nachmittags fiel, hierauf von 4 bis 10 Uhr Abends abermals stieg und sodann bis 4 Uhr Morgens wieder fiel. *Leop. v. Buch* fand zu Las Palmas auf Gran Canaria den auf 0° reducirten Barometerstand um

7^h Morgens	= 338,882	Linien
11^h »	= 339,0217	»
4^h Nachmittags	= 338,524	»
11^h Abends	= 338,7445	»

Derselbe folgerte aus sehr zahlreichen Beobachtungen *Humboldt's*, dass die regelmässigen Barometerveränderungen auf gleiche Weise an den Küsten der Südsee, als in den Ebenen des Amazonenflusses und in Höhen bis 4000^m Statt finden. Eine Uebersicht der mittleren Barometerstände im Niveau des Meeres unter dem Aequator nebst den stündlichen Veränderungen in genäherten Werthen, gibt folgende tabellarische Zusammenstellung, die Stunden von Mittag = 0^h an gerechnet, die Barometerhöhe in Par. Linien gemessen.

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 922 — 25.

**) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. II. S. 245 — 48.

Stunde	*Barometerstand*	*Stunde*	*Barometerstand*
0^h	338,02	12^h	337,88
1^h	337,79	13^h	337,80
2^h	337,58	14^h	337,69
3^h	337,45	15^h	337,62
4^h	337,40	16^h	337,60
5^h	337,41	17^h	337,68
6^h	337,45	18^h	337,79
7^h	337,53	19^h	337,94
8^h	337,69	20^h	338,16
9^h	337,83	21^h	338,30
10^h	337,88	22^h	338,28
11^h	337,91	23^h	338,21

Man findet bei näherer Betrachtung dieser tabellarischen Uebersicht, dass das Quecksilber des Barometers im Verlaufe von 24 Stunden zwei Mal steigt und zwei Mal sinkt, dass es nämlich von 4 Uhr Morgens anfangend 5 Stunden nach einander steigt und hierauf 7 Stunden lang anhaltend sinkt, und dass es ferner von 4 Abends anfangend 7 Stunden nach einander steigt, und dann wieder 5 Stunden anhaltend sinkt, was für die Richtigkeit meiner Theorie zu sprechen scheint. Das Steigen und Sinken erfolgt nicht immer gleichmässig, sondern nimmt an Schnelligkeit stufenweise zu- und ab, und zwar aus dem Grunde, weil auch die Wärme stufenweise schneller zu- und wieder abnimmt. Diese regelmässigen Oscillationen des Barometers bemerkt man sehr leicht und deutlich in der Nähe des Aequators, weniger in den mittleren Breitegraden, und bei grösserer Entfernung vom Aequator erscheinen dieselben immer geringer und undeutlicher, so dass man in den Polargegenden wenig oder gar nichts davon bemerkt, und *Scoresby* versichert bei allen seinen höchst zahlreichen Beobachtungen im Eismeere bei Grönland und Spitzbergen nie die mindeste

Periodicität beobachtet haben. Die Grösse der täglichen, regelmässigen Variationen nimmt von dem Aequator an gegen die Polen hin ab, wie folgende Tabelle zeigt*)

Orte.	Geographische Breite.	Variation in Millimeter.
Quito	0°	2,82
Guayra	10°,36′	2,44
Jamaica	17°,56′	1,45
Canarisch. Inseln .	28°, 8′	1,10
Rom	41°,54′	0,70
Marseille	43°,18′	0,72
Strasburg	48°,34′	0,80
Paris	48°,50′	0,76
London	51°,31′	0,38
	74°, 0′	0,10

Die Erscheinung, dass die Grösse der täglichen Variationen des Barometerstandes von dem Aequator an gegen die Polen zu abnimmt, erklärt sich daraus, dass unter den höheren Breitegraden der Einfluss der Wärme nicht so gross ist, und dass die Temperaturunterschiede in den verschiedenen Tagszeiten nicht so bedeutend sind und nicht so regelmässig periodisch mit einander abwechseln, als in der Nähe des Aequators. — In der gemässigten Zone ist die Grösse der täglichen Variation in der Regel im Sommer grösser, als in den andern Jahrszeiten, besonders im Winter, ebenfalls aus dem Grunde, weil im Sommer der Einfluss der Sonnenwärme bedeutender ist. Auch ist die Zeit des vormittägigen und die des nachmittägigen Minimums im Winter dem Mittage um 1—2 Stunden näher, als im Sommer; eben weil die höhere Tagestemperatur im Winter des Vormittags später eintritt und des Nachmittags wieder früher nachlässt, als es im

*) S. *Baumgartner's* Naturlehre. S. 773.

Sommer geschieht. In der Nähe des Maximums und Minimums ist der Barometerstand völlig stationär, und zwar während einer Zeit, die nach Verschiedenheit der Orte und der Jahrszeiten von 15 Minuten bis zu 2 Stunden wechselt; was offenbar daher kömmt, dass nach Verschiedenheit des Standes und Einflusses der Sonne die Temperatur bald eine kürzere bald eine längere Zeit hindurch stationär bleibt. — Uebrigens ist noch zu bemerken, dass die täglichen Variationen des Barometerstandes in der gemässigten Zone und in höheren Breitegraden auch noch desshalb nicht leicht deutlich zu bemerken sind, weil verschiedene unregelmässige Veränderungen in der Atmosphäre, welche auf den Stand und Gang des Barometers einen grossen Einfluss ausüben, in höheren Breitegraden viel häufiger Statt finden, als dieses in der Nähe des Aequators der Fall ist. Denn es ist allgemein anerkannt, dass die unregelmässigen Schwankungen des Barometers in der Nähe des Aequators überhaupt sehr gering sind, und in höheren Breitegraden an Grösse und Häufigkeit zunehmen. *Cotte* folgert aus einer grossen Menge von Beobachtungen, dass die Schwankungen unter dem Aequator fast = 0 sind. *Leopold v. Buch* setzt die Differenzen des Barometers unter der Linie = 4 Linien, in Paris = 20 bis 24 Linien und in Petersburg = 30 bis 36 Linien. Nach den Beobachtungen von *Eschwege* betrug die Differenz des höchsten und niedrigsten Barometerstandes in Brasilien nur 3,3 Par. Linien. Nur bei heftigen Orkanen fällt das Barometer in den Tropengegenden manchmal stärker, als in höherer Breite; so z. B. sah *Rochon* dasselbe im Jahre 1771 auf Isle de France 25 Linien und im Japanischen Meere sogar einmal 30 Linien tief heruntersinken; auch *Krusenstern* beobachtete an der Küste von Japan ein ausserordentliches Fallen des Barometers, welches in einer Zeit von 5 Stunden 2 $^1/_4$ Zoll betrug.

Wir haben vorhin gesehen, dass die Wärme ein Steigen wie auch ein Sinken des Barometers verursachen

könne; dass aber das durch die Wärme bewirkte Steigen nur bei einer geringen Temperaturerhöhung Statt finde und auf eine geringe Höhe beschränkt sei, dass hingegen bei fortgesetzter Temperaturerhöhung das Barometer wieder anfange zu sinken, und zwar um so tiefer herunterfalle, je mehr die Wärme zunehme. Es erhellet also, dass das Barometer im Allgemeinen bei hoher Temperatur tief, bei niederer Temperatur hingegen hoch stehen müsse. Hieraus lassen sich nun mehrere Erscheinungen erklären, so z. B. die Erscheinung, dass das Quecksilber des Barometers in den heissen Zonen gewöhnlich tiefer steht, als in den gemässigten und in den kalten Zonen; und ferner, dass dasselbe in unsern Gegenden bei den wärmeren Winden sinkt, bei den kälteren hingegen steigt, wie aus folgender tabellarischen Zusammenstellung der Resultate vieler Beobachtungen zu ersehen ist. Wenn die mittlere Barometerhöhe an dem Beobachtungsorte, d. h. der Stand, welcher sich aus allen Beobachtungen zusammengenommen ergibt, durch den Buchstaben H bezeichnet wird, so stellen sich die nach der Windrose geordneten Mittelzahlen wie folgt:

Bei	Nach *Burkhard* *)	Nach *Bouvard* **)	Nach den zu Metz während 9 Jahren angestellten Beobachtungen.
Südwind .	H — 3,1 mm	H — 3,7 mm (2944 Beob.)	H — 2,4 mm
Südwest .	H — 2,9 »	H — 3,0 » (2847 »)	H — 2,1 »
West . .	H — 0,4 »	H — 0,8 » (3402 »)	H — 0,6 »
Nordwest	H + 1,3 »	H + 2,0 » (1335 »)	H + 0,3 »
Nord . . .	H + 2,0 »	H + 3,2 » (2140 »)	H + 2,4 »
Nordost .	H + 2,6 »	H + 3,2 » (1390 »)	H + 2,1 »
Ost	H + 1,1 »	H + 1,7 » (1248 »)	H + 1,0 »
Südost . .	H + 0,8 »	H — 1,7 » (890 »)	H — 0,8 »

*) *Burkhard* benutzte die Beobachtungen, welche *Messier* zu Paris von 1773 bis 1801 angestellt hatte.

**) *Bouvard* stützte sich auf die an der Pariser Sternwarte von

Folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der mittleren Barometerstände, wie sie bei verschiedenen Winden zu Berlin, Paris und Wien beobachtet wurden *).

	N.	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.
Berlin .	336.32	335.85	335.13	333.61	333.06	334.55	336.36	336.62
Paris . .	337.14	336.14	335.20	334.03	333.94	335.37	334.76	337. 0
Wien .	331.39	331.26	325.81	330.52	330.19	330.25	329.68	330.58

Dieser Einfluss der Winde auf das Barometer erscheint so constant, dass *Ramond* und nach ihm *Leop. v. Buch* behauptete, man könne die Richtung des Windes eigentlich besser nach dem Barometerstande, als nach der Windfahne bestimmen. *Leop. v. Buch* sah deutlich, wie die verschiedenen Luftströmungen bei Teneriffa das Barometer ungleich afficirten. Im Sommer nämlich, wenn unten NO. oben SW. herrschte, ist dort der Barometerstand höher, nämlich im Mai bis August, im Mittel 339,173 Linien; wenn aber der Südwind allein herrscht, vom September bis April, im Mittel 338,017 Linien, beide auf 0° reduzirt **).

Der Einfluss der Wärme auf den Stand des Barometers ist in unsern Gegenden schwer in seinem wahren Werthe zu ermitteln, weil auch öfters andere, bald mehr, bald weniger, bedeutende Veränderungen in der Atmosphäre Statt finden, welche ebenfalls auf das Barometer einwirken und den Stand desselben mehr oder weniger modificiren können. Daher kömmt es, dass der Stand des Barometers in den verschiedenen Jahrszeiten sich nicht

1816 bis 1831 angestellten Beobachtungen. *v. Froriep's* Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde Nr. 1039 u. 1040. April 1836. (Nr. 5 und 6 des XLVIII. Bandes). *Arago's* Instruction an die Offiziere des Schiffes « *La Bonite.* »

*) *Baumgartner's* Naturl. Vierte Aufl. S. 775.

**) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 936.

genau nach der Temperatur derselben richtet, sondern auch nach Verschiedenheit der Veränderungen, welche sich in der Atmosphäre ereignen, verschiedentlich modificirt wird. Demnach lässt es sich erklären, dass die Schwankungen des Barometers im Winter häufiger und stärker sind, als im Sommer, und nach mehreren Beobachtungen in den Nachtgleichen besonders häufig vorkommen. *Cotte* hat nach seinen zu Paris von 1806 bis 1808 angestellten Beobachtungen, die Grösse der Variationen angegeben, wie folgt:

Im Winter	von 27 Zoll	2 Lin.	bis 28 Zoll	9 Lin.	= 19 Lin.
» Frühling	» 27 »	5 »	» 28 »	7 »	= 14 »
» Sommer	» 27 »	8 »	» 28 »	7 »	= 11 »
» Herbste	» 27 »	4 »	» 28 »	9 »	= 17 »

Demnach fällt der höchste Stand in den Winter und Herbst, übereinstimmend mit der Angabe von *Gronau*, nach welchem das Barometer während des Winters öfter, schneller und stärker schwankt, als während des Sommers, indem es im Winter seinen höchsten und tiefsten Stand erreicht. Eben dieses bestätigen die durch *Ramond* im Jahre 1807 zu Paris und Clermont angestellten Beobachtungen. Auch aus den Petersburger Beobachtungen von 1772 bis 1790 ergibt sich als Resultat, dass die grössten Schwankungen im Dezember Statt finden. Aus den von *Meyer* und *Kraft* angestellten Beobachtungen ergeben sich nach *Leop. v. Buch* folgende Variationen:

Im Januar	16,600	Linien	Im Juli	7,536	Lin.
» Februar	14,380	»	» August	9,000	»
» März	13,416	»	» September	12,360	»
» April	12,003	»	» October	13,954	»
» Mai	9,900	»	» November	15,960	»
» Juni	8,640	»	» Dezember	16,680	»

Dalton hat aus den Beobachtungen, welche von ihm selbst zu Manchester, von *Hutchinson* während 25 Jahren

zu Liverpool und von der Königl. Societät während 38 Jahren angestellt wurden, gefolgert, dass das Barometer im Allgemeinen im Sommer höher stehe, als im Winter, und dass namentlich der höchste mittlere Stand in dem Juni Statt finde, dahingegen nach den zu Paris und Wien gemachten Erfahrungen, wie auch nach den in Norwegen angestellten 29jährigen Beobachtungen von *Herzberg* die grösste mittlere Barometerhöhe in die Wintermonate fällt.

Aus allem diesem erhellet, dass die verschiedenen Veränderungen, welche nebst den Temperaturwechseln in der atmosphärischen Luft Statt finden, bald ein Sinken und bald ein Steigen des Barometers verursachen können.

C. Einfluss der Elektricität.

Es lässt sich nicht läugnen, dass die Elektricität einen Einfluss auf den Stand des Barometers ausüben könne. Wenn man erwägt, dass das Quecksilber als Metall sehr geneigt ist Elektricität aus der Atmosphäre aufzunehmen, und solche innerhalb der isolirenden Glasröhre einige Zeit festzuhalten vermag, und dass man schon öfters selbst ein Leuchten oder Blitzen an dem oberen Ende der Quecksilbersäule in Barometern wahrgenommen hat, so kann man die Anwesenheit und Wirksamkeit füglich annehmen. Wenn man ferner weiss, dass die gegenseitige Anziehung der Körper und selbst die chemische Affinität der verschiedenen Stoffe gegen einander grossentheils von der Elektricität abhängt, durch gewisse Verhältnisse derselben vermehrt oder vermindert werden kann, so erscheint es wohl begreiflich, ja selbst wahrscheinlich, dass die Elektricität die gegenseitige Anziehung zwischen dem Glase und dem Quecksilber und der in ihrem Zwischenraume befindlichen Luft und Dünste im Barometer, wie auch die Contractivität der äusseren atmosphärischen Luft, theils direct theils indirect modificiren, vermehren und vermindern könne. Diese Annahme gewinnt noch an Wahrscheinlichkeit, wenn man erwägt, dass die Elek-

tricität bei den vielen und grossen Veränderungen in der Atmosphäre, namentlich bei der Bildung der Wolken, der Gewitter und der sie begleitenden Erscheinungen, z. B. des Hagels, der heftigen Sturmwinde, der sogenannten Wind- und Wasserhosen u. s. w. eine bedeutende Rolle spielt. Ueber den unmittelbaren Einfluss der Elektricität auf den Stand des Barometers lässt sich bis jetzt nichts bestimmtes angeben; was aber ihre Erscheinung und Wirksamkeit in der Atmosphäre anbelangt, darüber soll in der Folge noch einiges gesagt werden.

D. Einfluss verschiedener Veränderungen in der Atmosphäre.

Wir haben bereits früher gefunden, dass mancherlei unregelmässige Veränderungen in der Atmosphäre Statt finden, welche einen beträchtlichen Einfluss auf den Stand des Barometers ausüben können. Da nun einige dieser Veränderungen gewöhnlich ein Sinken, und andere dagegen meistens ein Steigen des Quecksilbers verursachen, so wollen wir versuchen, den ursächlichen Zusammenhang der einander entsprechenden Erscheinungen aufzufinden.

1) Das Quecksilber sinkt gewöhnlich, wenn der Himmel sich trübt und besonders wenn es wirklich Regen, Schnee oder Hagel gibt, d. h. wenn die in der Atmosphäre verbreiteten sehr ausgedehnten Dünste sich stark zusammenziehen, verdichten und als Wasser oder Eis zur Erde fallen; dieses geschieht desswegen, weil alsdann die Luft, welche den von den sich verdichtenden und niederfallenden Dünsten verlassenen Raum einnehmen muss, weiter distrahirt wird, somit an Contractivität zunimmt, und folglich auch das Quecksilber stärker aus der Glasröhre hervorzieht. Wenn die Menge der sich verdichtenden Dünste nur klein ist, oder wenn sie sich nur langsam und in einem geringen Grade verdichten, so braucht das Quecksilber nur wenig oder gar nicht zu sinken; weil dann diejenige Luft, welche den von den Dünsten verlassenen Raum zunächst einnehmen muss, wenig oder gar

nicht distrahirt wird; indem sie Zeit genug hat, eine hinreichende Menge andere Luft aus entfernteren Gegenden nach und nach herbeizuziehen, so dass die Distraction sogleich auf einen grösseren Theil der Atmosphäre vertheilt wird, und also weder an dem Beobachtungsorte, noch an irgend einer andern Stelle beträchtlich stark werden kann. Wenn aber im Gegentheil die Verdichtung der Dünste bedeutend ist, so muss auch das Quecksilber beträchtlich sinken, und zwar um so schneller und tiefer: 1) je grösser die sich contrahirende, verdichtende Dunstmasse ist; 2) je kleiner das Volumen ist, welches sie dabei annimmt, und 3) je schneller diese Contraction und Verdichtung derselben erfolgt. Das Quecksilber muss unter solchen Verhältnissen um so schneller und tiefer sinken: weil dann der Raum, welcher von den sich verdichtenden Dünsten verlassen und von der umgebenden Luft eingenommen wird, desto grösser ausfällt, und weil dann auch die nächst angrenzende Luft desto mehr distrahirt wird, indem *sie selbst* einen um so grösseren Theil des von den Dünsten verlassenen Raumes einnehmen muss, da sie wegen der schnelleren Contraction und Verdichtung der Dünste weniger Zeit hat, die Luft aus entfernteren Gegenden herbeizuziehen und zur Theilnahme an der Ausfüllung des verlassenen Raumes zu zwingen. Daher kömmt es, dass das Quecksilber des Barometers bei starkem Regen gewöhnlich tiefer sinkt, als bei geringem Regen, und dass es, wenn die Verdichtung der Dünste gleich so weit geht, dass daraus Eis, d. h. Schnee oder Hagel entsteht, in der Regel tiefer sinkt, als bei gewöhnlichem Regenwetter.

Leop. v. Buch zeigt, dass, wenn die von ihm angegebenen mittleren Barometerstände, welche den zugleich genannten Winden zugehören, Regen oder Schnee bringen sollen, das Barometer für dieselben Winde folgende Differenzen zeigt:

Bei	N.	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.
Regen . .	1,90	0,81	0,95	1,05	0,96	1,52	1,19	1,52
Schnee . .	3,07	1,48	1,51	1,68	2,30	1,34	2,98	2,87

Sehr stark sinkt das Quecksilber gewöhnlich vor und während heftigen Gewittern; eben weil dann eine grosse Menge von Dünsten sich ausserordentlich schnell und stark verdichtet, indem in kurzer Zeit grosse, schwere Massen von Wolken, heftiger Regen und öfters selbst Hagel gebildet werden. Denn dadurch wird die angrenzende Luft, welche den von den Dünsten verlassenen Raum sogleich einnehmen muss, sehr stark distrahirt, und demgemäss auch ihre Contractivität verstärkt (S. 159). Daher kömmt es, dass das Quecksilber des Barometers bei heftigen Gewittern manchmal plötzlich sehr tief sinkt, und dass es namentlich in den Tropengegenden, wo die Gewitter am heftigsten sind, auch am tiefsten fällt; so sah z. B. *Rochon* dasselbe im Jahr 1771 auf Isle de France 25 Linien, und im Japanischen Meere einmal sogar 30 Linien tief heruntersinken. Die Gewitter verursachen aber nicht immer und überall ein Sinken des Barometers, sondern sie bewirken öfters an denjenigen Orten, *wo sie wirklich Statt finden*, ein Steigen, während sie an den benachbarten und mehr entfernten Orten ein Sinken des Barometers zur Folge haben. Denn wo die Dünste sich schnell verdichten und in grosser Menge als Regen oder Hagel zur Erde fallen, da muss die Luft aus der Umgegend herbeiströmen, um den Raum einzunehmen, welcher von den Dünsten verlassen wird, und hierbei kann es leicht geschehen, dass da, wo die Luft von allen Seiten zusammenströmt, sie sich anhäuft, verdichtet, daher an Contractivität abnimmt und demnach das Quecksilber des Barometers steigen lässt; während an allen Orten der Umgegend die Atmosphäre durch Entziehung einer grossen Luftmasse distrahirt wird, daher an Con-

tractivität zunimmt und folglich ein Sinken des Quecksilbers verursacht, wie oben erklärt wurde. Hieraus erklärt sich die Erscheinung, dass das Quecksilber, wenn es vor dem Gewitter gesunken war, öfters wieder steigt, wenn das Gewitter selbst dem Zenith des Beobachtungsortes sich nähert, und bei der Entfernung desselben wieder sinkt. Schon *Planer* und *Rosenthal* haben hierauf aufmerksam gemacht, und *Gronau* bemerkt, er habe die von beiden aufgestellte Behauptung, dass die Ankunft des Gewitters sich durch ein plötzliches Steigen des Barometers kund gebe, worauf es späterhin wieder allmählig auf seinen früheren Stand zurückkehre, durch seine Erfahrungen bestättigt gefunden. Dieselbe Erfahrung machte *Strehlke* in Danzig, und *Kämtz* hat bei ungefähr 40 Gewittern und Regenschauern, die er seit dem Jahre 1827 zu diesem Zwecke genauer beobachtete, fast stets diese Thatsache bemerkt *). — Wenn das Gewitter ausgetobt und die Atmosphäre sich wieder beruhigt hat, und wenn die Wolken wieder anfangen sich zu zertheilen, aufzulösen und in der Atmosphäre zu verschwinden, so fängt auch das Quecksilber wieder an zu steigen, und zwar aus dem Grunde, weil dann die ausgedehnte Luft allmälig wieder an Contractivität abnimmt, indem sie nach und nach sich wieder mehr contrahirt, verdichtet, in dem Verhältnisse, wie die Luft aus entfernteren Gegenden herbeiströmt, die Wolken wieder weiter ausgebreitet, expandirt und distrahirt werden, und auch wieder neue Dünste von der Erde aufsteigen und sich der Atmosphäre beimischen. Denn alle diese Momente concurriren mit einander, um das Gleichgewicht und den früheren Zustand in der Atmosphäre wieder herzustellen. Da nun die Luft an dem Beobachtungsorte den vorigen Grad der Dichtheit und Contractivität wieder

---

* Meteorologie von *Kämtz*. Bd. II. S. 351.

annimmt, so muss auch das Quecksilber wieder zu seinem früheren Stande zurückkehren.

2) Das Quecksilber des Barometers steht ferner auch bei starkem Winde gewöhnlich tiefer, als bei ruhigem Zustande der Atmosphäre, und zwar aus dem Grunde, weil dann die Luft mehr distrahirt ist und folglich auch eine grössere Contractivität besitzt, wie schon früher (S. 76 — 78.) gezeigt wurde. Das Quecksilber sinkt gewöhnlich selbst schon vor dem Eintritte des Windes; weil dann die Luft an dem Beobachtungsorte schon beträchtlich stark distrahirt ist, bevor die Luft aus entfernteren Gegenden herbei und vorüber gezogen werden kann. Dass die Veränderung des Barometerstandes in der Regel schon einige Zeit vor dem Anfange des Windes Statt findet, haben vielfältige Beobachtungen gezeigt. *Krusenstern* schreibt die Sicherheit, womit er den Gefahren eines Sturmes jederzeit die geeignetsten Massregeln entgegenstellte, hauptsächlich den beharrlichen Barometerbeobachtungen zu; und *Scoresby* versichert, dass er die Zeit und Stärke der Stürme aus dem Verhalten des Barometers mit einer unter achtzehn Malen siebenzehn Male zutreffenden Gewissheit vorausgesagt habe. Mit gleicher Gewissheit kann man nach *Flinders* auch an den Küsten von Neuholland aus dem Barometerstande auf die Richtung und Stärke der nahe bevorstehenden Winde schliessen *).

Im Gegentheil kann das Quecksilber sich über seinen mittleren Stand erheben, wenn kein Wind und kein Regen Statt findet, und die Atmosphäre eine längere Zeit hindurch heiter und ruhig ist; und zwar aus dem Grunde, weil dann nach und nach mehr Dünste von der Erde aufsteigen, in die Atmosphäre übergehen und also die Contractivität der Luft vermindern, so dass alsdann die in dem oberen Theile der Barometerröhre befindliche distra-

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 935.

hirte Luft an Contractivität relativ stärker ist, demnach sich mehr verdichtet und also die Quecksilbersäule höher hinaufzieht. —

Da die manchfaltigen Veränderungen, welche in der Atmosphäre Statt finden, öfters mit beträchtlichen Temperaturwechseln verbunden sind, und da diese schon an und für sich ein Sinken und Steigen des Quecksilbers bewirken können, wie schon früher (S. 146—155) gezeigt wurde, so ist es sehr begreiflich, wenn wir den Stand des Barometers zuweilen ganz anders finden, als er eigentlich gemäss den bereits erwähnten Veränderungen in der Atmosphäre erscheinen sollte. So kann z. B. bei einer heiteren, ruhigen Atmosphäre das Quecksilber sinken, wenn die Wärme in so hohem Grade zunimmt, dass dadurch die Contractivität der in dem oberen Theile der Barometerröhre befindlichen Luft vermindert wird. Im Gegentheil kann bei trübem, regnerischem Wetter das Quecksilber steigen, wenn die Wärme beträchtlich abnimmt; weil alsdann die in dem oberen Theile der Barometerröhre befindliche Luft an Contractivität zunimmt, sich folglich mehr verdichtet und also das Quecksilber höher hinaufzieht. Hierher scheint z. B. der Fall zu gehören, welchen *Christian Wolff* nach seiner eigenen Beobachtung folgender Massen erzählt: «Im vorigen Jahre war den 16. Januar Regenwetter, da der Mercurius in meinem Barometer $^3/_4$ über 29 engl. Zolle stand. Er stieg den 17. Januar bis Nachmittag 30 Zoll hoch, und also $^1/_4$ eines Zolles, der Himmel blieb noch trübe. Den 19. Jan. stieg er noch $^1/_8$, dass er also $^1/_2$ über 30 Zoll stund, das Wetter änderte sich nicht im geringsten. Vielmehr als er des Abends nur $^1/_{16}$ fiel und den andern Tag darauf $^7/_8$ über 30 Zoll herauf stund, hatten wir den Vormittag, ehe der Mercurius wieder stieg, Regenwetter. Es stieg demnach der Mercurius $^4/_8$ oder $^1/_2$ Zoll, welches beinahe den vierten Theil von der ganzen Veränderung ist, und erreichte dadurch beinahe das höchste Ziel, dessen ungeachtet aber ging

nicht die geringste Veränderung in dem Wetter vor, sondern es blieb einmal so trübe, wie das andere» *). Ebenso und aus der nämlichen Ursache kann das Quecksilber auch bei einem heftigen Winde steigen, wenn derselbe sehr kalt ist. Eine sehr merkwürdige Erscheinung dieser Art beobachtet man zuweilen in der Havannah und in Vera-Cruz, worüber uns *Alex. v. Humboldt* im Wesentlichen Folgendes berichtet: «Einige Zeit vorher, ehe der kalte Nord zu stürmen anfängt, sinkt das Quecksilber des Barometers plötzlich einige Linien tief herunter, steigt aber, sobald der eiskalte Wind selbst eintritt, wieder auf seine vorige Höhe, und noch 5 bis 7 Linien darüber, und beobachtet diesen Stand unveränderlich so lange, bis der Sturm wieder nachlässt, worauf es sodann zu seinem anfänglichen Standpunct zurückkehrt.» Diese Erscheinung nun lässt sich nach den bereits angegebenen Grundsätzen sehr gut erklären, und zwar auf folgende Weise: Vor dem Eintritte des Sturmwindes muss das Quecksilber sinken, weil es von der äussern atmosphärischen Luft stärker nach aussen und heruntergezogen wird, indem die Luft an dem Beobachtungsorte schon sehr stark distrahirt ist, bevor die entferntere Luft aus dem Norden herbei und vorübergezogen wird. Sobald aber die eiskalte Nordluft selbst herbeiströmt und auf das Barometer durch ihre Kälte einwirkt, so muss das Quecksilber steigen, weil alsdann die in dem oberen Theile der Barometerröhre befindliche Luft mit Abnahme der Wärme an Contractivität beträchtlich zunimmt (S. 64—65.), demnach sich mehr contrahirt und somit das Quecksilber höher hinaufzieht. Wenn nachher der kalte Nordwind aufhört, und die Luft an dem Beobachtungsorte ihre vorige Temperatur, Dichtheit und Spannung wieder annimmt, so muss mit dem Eintritte der vorigen Wärme, das Uebermass der Contractivität der in dem

*) Nützliche Versuche von *Christian Wolffen*. Thl. II. S. 93.

oberen Theile der Barometerröhre befindlichen Luft wieder aufhören, und folglich das Quecksilber wieder sinken und zu dem Standpuncte zurückkehren, den es anfangs inne gehabt hatte. Uebrigens ist hier noch zu erwägen, dass das Quecksilber bei Winden auch noch aus einem andern Grunde steigen kann: wenn nämlich die Contractivität der Luft an dem Beobachtungsorte durch die Winde beträchtlich vermindert wird, so dass die in dem oberen Theile der Barometerröhre befindliche Luft an Contractivität relativ stärker erscheint und demnach das Quecksilber höher hinaufzieht, wie es z. B. bei den die Gewitter begleitenden Winden öfters der Fall ist und bereits früher (S. 160—61) erklärt wurde. Die Contractivität der Atmosphäre kann namentlich auch dadurch vermindert werden, dass kalte dichte Luftmassen aus den nördlichen Gegenden in südliche Gegenden versetzt und daselbst mehr erwärmt und expandirt werden (S. 74.). —

Dass das Quecksilber nicht durch einen Druck der Luft in der Barometerröhre zurückgehalten werde, und dass das Sinken und Steigen desselben nicht von einer Ab- und Zunahme des Luftdruckes herrühre, ist zwar, wie mir scheint, schon durch die früher angeführten Gründe klar genug bewiesen worden; es erhellet aber insbesondere noch daraus, dass selbst die Lehre vom Drucke der Luft über das Sinken und Steigen des Quecksilbers bei den verschiedenen Zuständen und Veränderungen der Atmosphäre keinen befriedigenden Aufschluss gewährt, wie nun etwas näher gezeigt werden soll. — Schon die ältern Naturforscher, welche die Veränderungen des Barometerstandes von Veränderungen des Luftdruckes abzuleiten suchten, gaben sehr abweichende Erklärungen, stritten häufig mit einander und konnten über die nähere Ursache einzelner Phänomene durchaus nicht einig werden. Neuere Naturforscher dagegen, und zwar selbst solche, die in ihren Lehrbüchern die verschiedenen Gegenstände der Naturlehre durchgehends genau und aus-

führlich abhandeln, lassen sich gar nicht darauf ein, den ursächlichen Zusammenhang zwischen den Veränderungen in der Atmosphäre und den Erscheinungen des Barometers genau zu erörtern, oder geben auch wohl selbst die Schwierigkeit einer solchen Erörterung ausdrücklich zu erkennen. Auch herrschen selbst noch in der neueren Zeit sehr verschiedene Ansichten über die wahren Ursachen mancher Erscheinungen des Barometers, und unter allen Erklärungen, welche bisher aufgestellt worden sind, findet sich keine, welche eine allgemeine Anerkennung und Gültigkeit erlangt hat, und bei einer näheren Untersuchung sich als wohlbegründet erweist.

Die regelmässigen täglichen Schwankungen des Barometers wurden von verschiedenen Physikern verschiedentlich erklärt.

v. Zach erklärt die fragliche Erscheinung aus dem Widerstande, welchen die Erde bei ihrer theils rotirenden theils fortschreitenden Bewegung durch den im Weltraume befindlichen Aether erleide. — Allein diese Erklärung ist unstatthaft, und zwar: 1) weil der Widerstand, welchen der fragliche Aether leisten könnte, zu gering ist, und 2) weil er, selbst wenn er auch stärker wäre, doch nicht ein *zweimaliges Steigen und Sinken*, sondern höchstens nur *ein* Maximum und *ein* Minimum hervorbringen könnte. Denn jeder einzelne Theil der Erde müsste in dem Moment, wo er in der Bahn um die Sonne allen andern Theilen der Erde gerade vorausgeht, den grössten Widerstand, und im Gegentheil, wenn er nach halb vollendeter Rotation sich in dem diametral entgegengesetzten Puncte sich befindet und mithin allen andern Theilen der Erde in der Bahn gerade nachfolgt, den geringsten Widerstand von dem Aether erleiden. Ueberdiess könnten auch alsdann die höchsten und tiefsten Barometerstände nicht in denen Perioden eintreten, wo sie wirklich beobachtet werden, sondern sie müssten in denjenigen Zeiten Statt finden, wo der fragliche Widerstand am grössten und am kleinsten ist.

D'Alembert, welcher die Anziehung der Sonne so hoch anschlug, dass er sie als die Hauptursache der Winde gelten liess, folgerte aus seinen Untersuchungen, dass wegen dieser Anziehung auch eine regelmässige Oscillation des Barometers Statt finden müsse. *Späth* hielt auch dafür, dass durch die Anziehung der Sonne die Schwere der Atmosphäre vermindert und mithin eine periodische Schwankung des Barometers hervorgebracht würde. *Cassan* und einige Andere waren ebenfalls der Meinung, dass die in Rede stehenden regelmässigen Oscillationen des Barometers von einer Anziehung der Sonne und des Mondes herrührten, und zwar als Folge einer ähnlichen Ebbe und Fluth in der Atmosphäre, wie dieselbe Fluctuation auch durch den Einfluss der Sonne und besonders des *Mondes* im Meere Statt findet. — Allein diese Annahme ist ebenfalls unbegründet und unzulässig. Denn obgleich man die *Anziehung* der Sonne überhaupt als sehr bedeutend anerkennen muss, so ist doch die Veränderung, welche durch ihre Ab- und Zunahme *in der Schwere* der atmosphärischen Luft hervorgebracht werden kann, viel zu gering, als dass die in Rede stehenden Schwankungen des Barometers davon hergeleitet werden könnten. Ja *Laplace* behauptet sogar, dass die Sonne und der Mond zwar einen Einfluss auf die Atmosphäre haben müssten, dass dieser aber unter dem Aequator höchstens nur 0,25 Linien Differenz hervorbringen könne, oder genauer, dass 0,2795 Linien das Maximum dieser Wirkung unter den günstigsten Umständen sei. — Dass jene regelmässigen Oscillationen des Barometers in der That nicht von Ab- und Zunahme der Anziehung der Sonne herrühre, erhellet auch daraus, dass das Maximum und Minimum des Barometerstandes nicht in denjenigen Perioden, wo die Anziehung der Sonne am stärksten und am schwächsten ist, sondern zu andern Zeiten d. h. an den bekannten Stunden Statt finden. — Dass die fraglichen Oscillationen des Barometers auch nicht von der periodischen Ab- und Zu-

nahme der Anziehung des Mondes herrühren, erhellet besonders daraus, dass dieselben nicht alle Tage um 50 Minuten später eintreten, wie die Ebbe und Fluth des Meeres, sondern constant immer um dieselben Stunden wiederkehren.

Bouguer hielt die regelmässige Schwankung des Barometers für eine Folge der ungleichen Erwärmung der Luft durch die Sonne, wodurch der Barometerstand im Niveau des Meeres indess nicht afficirt würde*). Auch *Laplace* war der Ansicht, dass die fragliche Erscheinung durch die Wärme der Sonne hervorgebracht würde; behauptete jedoch, dass eine vollständige Lösung des Problems so schwierig sei, dass die Analyse sie nicht geben könne. *Ramond* und *Daniell* suchten ebenfalls, obgleich auf verschiedene Weise, das nämliche Phänomen aus einer ungleichen Erwärmung verschiedener Theile der Atmosphäre und aus den dadurch verursachten Luftströmungen herzuleiten**). — Nach allen diesen Theorien lässt sich aber nicht erklären, warum das Barometer täglich *zweimal* steigt und *zweimal* sinkt, und warum dieses gerade *in den bestimmten Stunden* Statt findet. Mehrere Naturforscher, z. B. *Baumgartner*, *Dove****), *Kämtz*†) und Andere, welche wohl einsahen, dass der Druck *der Luft* nicht ausreiche, um die Oscillationen des Barometers zu erklären, behaupteten, dass man auch den Druck der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste besonders in Anschlag bringen müsse. *Baumgartner*, welcher die Ursache der periodischen Oscillationen des Barometers ebenfalls in der Sonnenwärme findet, gibt darüber folgende Erklärung. « Durch ihre (der Sonne) erwärmende Kraft wird in-

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 923.

**) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. II. S. 280 — 83.

***) Meteorologische Untersuchungen von *Dove*. (Berlin, 1837.) S. 166 — 67.

†) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. II. S. 284.

der That die Expansivkraft der Luft vermehrt und dadurch ihr Druck vermindert, und es muss daraus täglich zur Zeit der grössten Luftwärme ein Minimum des Drucks, zur Zeit der geringsten Luftwärme ein Maximum desselben Statt finden. Allein, indem die Sonne erwärmend auf die Luft wirkt, befördert sie auch die Dunstbildung, durch Zunahme der Dünste wird aber der Druck der Atmosphäre vergrössert, es entsteht ein Maximum des Dunstdruckes zur Zeit, wo ein Minimum des Luftdruckes Statt findet, und umgekehrt, und durch Zusammenwirkung dieser zwei Momente entstehen täglich zwei Maxima und zwei Minima des Barometerstandes, weil die von der Dunstbildung herrührende Wirkung jener von der unmittelbaren Erwärmung der Luft herstammenden nicht völlig gleich, aber entgegengesetzt ist; die täglichen Veränderungen des Barometerstandes sind daher der Erfolg der Unterschiede zweier von einander verschiedener Veränderungen, des Druckes der trockenen Luft und der Wasserdünste» *). — Allein hiergegen ist ebenso wie gegen die vorhergehenden Erklärungen Manches einzuwenden. Die Erklärung, dass die Schwere und der Druck der atmosphärischen Luft mit zunehmender Wärme geringer, hingegen mit abnehmender Wärme grösser werde, und dass demnach auch das Barometer regelmässig abwechselnd sinken und steigen müsse, diese Erklärung ist durchaus unbegründet und verwerflich. Unter andern ist dagegen Folgendes zu erwiedern: dass, wenn auch die Luft durch die expandirende Wirkung der Wärme specifisch leichter wird, dennoch das absolute Gewicht derselben und somit auch ihr Druck sich gleich bleiben muss, indem die ganze Atmosphäre in dem Masse, wie sie sich mehr expandirt, auch an Höhe zunimmt und dabei immer mit der nämlichen Schwere wie früher auf der Erdoberfläche ruht; ja dass das absolute Gewicht der Atmosphäre mit steigender Wärme sogar noch zunehmen

---

*) *Baumgartner's* Naturlehre. (Vierte Aufl.) S. 775—74.

muss, indem sie dann immer mehr Dünste von der Erdoberfläche aufnimmt, welche ihr absolutes Gewicht mit dem der Luft vereinigen. — Die fragliche Erklärung ist ferner auch desshalb unstatthaft, weil das Quecksilber des Barometers nicht in dem Verhältnisse sinkt und steigt, wie die Wärme zu- und abnimmt; dasselbe müsste ja sonst, während die Erde sich um ihre Axe dreht, nur einmal sinken und einmal steigen, da es doch in der That während jener Zeit zweimal sinkt und zweimal steigt. Wenn man auch nebst dem Luftdrucke noch die Wirkung eines Dunstdruckes zu Hülfe ruft, so lässt sich doch die Erscheinung, dass der Barometerstand täglich 2 Maxima und 2 Minima zeigt, nicht befriedigend erklären. Denn da selbst nach der Annahme von *Baumgartner* das Maximum des Dunstdruckes entsteht zur Zeit, wo das Minimum des Luftdruckes Statt findet, und umgekehrt, so könnte wieder nur ein Maximum und ein Minimum des Barometerstandes als Resultat der Differenzen zwischen dem Luftdrucke und dem Dunstdruche Statt finden. Und noch weniger lässt es sich erklären, warum die beiden Maxima und Minima mit ihren bestimmten Grössen immer gerade auf die bekannten Stunden fallen.

Eine andere merkwürdige Erscheinung, welche man auch nicht befriedigend nach der Lehre vom Drucke der Luft erklären kann, ist die, dass das Quecksilber des Barometers in der Nähe des Aequators gewöhnlich tiefer steht, als in höheren Breitegraden. Man könnte zwar sagen, dass in der Nähe des Aequators die Schnelligkeit der Rotation der Erde und ihrer Atmosphäre grösser, und dass demnach die Tangentialkraft stärker, mithin die Centripetalkraft oder Schwere der Luft geringer sei, und dass folglich auch der Druck derselben daselbst geringer sein müsse, als in höheren Breitegraden, wo die Schnelligkeit der Rotation geringer ist. Allein, hiergegen ist zu erwiedern: dass die Luft am Aequator zwar specifisch leichter, die ganze Luftsäule der Atmosphäre aber eben

so schwer sei, als unter höheren Breitegraden, indem die verschiedenen Theile der Atmosphäre sich einander das Gleichgewicht halten. Denn es ist wohl zu erwägen, dass die Masse der Atmosphäre unter dem Aequator mehr angehäuft ist, sich bis zu einer grösseren Entfernung von der Erdoberfläche erstreckt, als in höheren Breitegraden, gleichwie auch selbst die Masse der Erde unter dem Aequator am meisten angehäuft ist, und am meisten über die Umdrehungsaxe derselben emporragt. 2) Ferner ist zu erwiedern, dass wenn in der Nähe des Aequators durch die grössere Schnelligkeit der Rotation die Centripetalkraft oder Schwere vermindert wird, dieses nicht nur die Schwere der Luft, sondern auch die des Quecksilbers betrifft, und zwar eher in einem noch höheren Grade; denn das Quecksilber ist einer viel grösseren Schwungkraft fähig und rückt während der Rotation der Erde, mit dem ihm entsprechenden Puncte der Erdoberfläche immer gleichmässig gegen Osten fort, da hingegen die Luft einer viel geringeren Schwungkraft fähig ist und ein beträchtlicher Theil der Atmosphäre beständig etwas mehr gegen Westen zurückbleibt. 3) Ist zu erwägen, dass in der Aequatorialgegend, wegen der höheren Temperatur, die Dünste weit häufiger von der Erdoberfläche aufsteigen und sich der Luft beimischen, so dass demnach die absolute Menge und Schwere derselben viel grösser sein müsste, als in höheren Breitegraden. Und wenn die expansive Kraft der Atmosphäre den Druck derselben vermehren könnte, wie von Vielen angenommen wurde, so müsste dieser in der Aequatorialgegend verhältnissmässig stärker sein, weil da die Sonnenstrahlen auf die Luft und die ihr beigemischten Dünste daselbst viel stärker expandirend wirken, als in höheren Breitegraden.

Die Erscheinung, dass das Barometer im Allgemeinen am Tage höher steht, als bei der Nacht, wird gewöhnlich von der Wärme hergeleitet, womit jedoch *Horner*

nicht übereinstimmt. Ueberhaupt sind die Ansichten der Naturforscher über den Einfluss der Wärme auf den Barometerstand sehr verschieden. Es wurde bereits früher (bei der Erklärung der durch Temperaturwechsel verursachten Veränderungen des Barometerstandes S. 144.) erwähnt, dass mehrere Physiker einen allgemeinen Einfluss der Wärme auf den Stand des Barometers angenommen haben, und zwar in der Art, dass sie ein Fallen desselben bewirken solle, und dass diese Behauptung von *De Luc* in Zweifel gezogen und von *Cotte* und *Parrot jun.* geradezu für unstatthaft erklärt worden sei. *Muncke* lässt die Wärme unmittelbar und sofern sie die Verdünstung und die wässerigen Meteore aller Art bedinge, zugleich auch mittelbar Ursache der Schwankungen des Barometers sein. Manche Physiker haben auch geglaubt, dass die Elektricität einen unmittelbaren Einfluss auf den Stand des Barometers habe, und dass eine grosse Menge vorhandener Luftelektricität ein Sinken desselben verursache.

Ueber die Ursachen der Barometerveränderungen überhaupt gibt es ausser den bereits erwähnten, noch viele andere Hypothesen, z. B. v. *Woodward*, *D. Bernoulli*, *Pignotti*, *Kirwan*, *Planer*, *Steiglehner*, *De Luc*, *Lampadius* und *Hube*, *Lister*, *Lambert*, *Saussure* u. A.

Lister glaubte die Ursache der Barometerveränderungen im Quecksilber des Barometers zu finden. Nach *Kirwan* sind die Barometerveränderungen eine Folge der unter dem Aequator aufsteigenden verbrennlichen Luft, welche nach den Polen abfliessend die Nord- und Südlichter erzeugen soll. — *De Luc* suchte die gesammten Barometerveränderungen auf die Bildung oder den Niederschlag des specifisch leichteren Wasserdampfes zurückzuführen *). Diese Ansicht aber wurde von *Saussure* **) widerlegt, welcher zeigte, dass das specifische Gewicht der völlig

*) *De Luc* Modific. de l'atmosph. Tom III. §. 665. pag. 229.

**) Hygrometrie von *Saussure*. §. 285.

trockenen Luft zu der völlig feuchten sich verhalte, wie 765:761, mithin das Aufsteigen des Wasserdampfes das Gewicht der Luft nur um $^4/_{765}$ vermindern, und also nur 2 Linien Barometerveränderungen bewirken könne. Auch findet man bei einer näheren Untersuchung, dass diese Hypothese *De Luc's* noch mehrere erhebliche Mängel darbietet, und dass sie auf einer Annahme beruht, welche durch die Erfahrungen von *Dalton*, *Gay-Lussac* und Anderen als unstatthaft erwiesen ist. *De Luc* gab später selbst seine Theorie auf, als er annahm, dass das Wasser in der atmosphärischen Luft aufgelösst sei. *Muncke* sagt: «das Fallen des Barometers, sofern es durch den atmosphärischen Wasserdampf bedingt wird, ist nicht sowohl Folge des aufsteigenden leichteren Wasserdampfes, als vielmehr des niedergeschlagenen, und einer dadurch erzeugten örtlichen Verminderung der Luftmasse. Indess hat hierbei zugleich die Richtung des Windes einen bedeutenden Einfluss, so dass man nur mit Berücksichtigung dieser Bedingung vom Stande des Barometers auf das eine oder das andere dieser Phänomene schliessen kann» *). Einige Physiker hielten dafür, dass die Elasticität der Luft durch die Feuchtigkeit der Dünste vermindert werde, Andere dagegen behaupteten, dass die Dünste zur Verstärkung der Elästicität der Luft beitrügen. *Lambert* z. B. glaubte, die Dünste vermehrten die Elasticität der Luft und zwar desswegen, weil sie sowohl die Theilchen derselben zusammenpressten, als auch das Gewicht der oberen Luftschichten vermehrten. *Saussure* wollte gefunden haben, dass die Elasticität der trockenen Luft durch das Hinzukommen von Wasserdampf so viel vermehrt werde, als die Spannung des letzteren beträgt. *Dalton* behauptet, dass das Barometer im Allgemeinen während des Sommers höher stehe, als im Winter, und dass namentlich der höchste mittlere Stand

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 937.

desselben in den Juni falle, und zwar wegen der grössern Menge Feuchtigkeit, welche zwar leichter sei als die Luft, aber doch die absolute Menge derselben vermehre. Von manchen Physikern z. B. von *Muncke* wird im Allgemeinen angenommen, dass die unregelmässigen Oscillationen des Barometers hauptsächlich eine Folge der veränderten Winde seien*). — Ausser den bisher erwähnten Ansichten gibt es noch mehrere andere, welche hier ausführlich mitzutheilen, zu weitläufig und selbst zwecklos sein würde. Diese grosse Verschiedenheit der Ansichten der Naturforscher über die wahre Ursache der Barometerveränderungen beweisst deutlich, dass dieselben nicht befriedigend aus dem Drucke der Luft erklärt werden können. Denn wenn die Ab- und Zunahme des Druckes der Luft die wahre Ursache der Schwankungen des Barometers wäre, so würde man auch im Stande gewesen sein, die Momente, wodurch der Druck der Luft vermehrt oder vermindert werden könnte, aufzufinden, und mithin auch die Veränderungen des Barometerstandes befriedigend zu erklären, was aber bis auf gegenwärtige Zeit, trotz aller Bemühungen der Naturforscher nicht gelungen ist. Es würde zu weitläufig sein, wenn ich alle über die Barometerveränderungen aufgestellten Hypothesen hier einzeln erörtern und widerlegen wollte; ich werde mich daher darauf beschränken, nur diejenigen Erklärungen näher zu prüfen, welche gewöhnlich angenommen werden:

I. Das Quecksilber soll bei regnerischem Wetter sinken, wie mehrere Naturforscher behaupten, weil die Luft alsdann wegen Feuchtigkeit weniger Elasticität, d. h. Expansivkraft besässe, oder wie einige wollen, weil sie wegen der Feuchtigkeit specifisch leichter wäre, oder wie andere angeben, weil die Atmosphäre bei dem

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 955.

Regen absolut leichter werde, indem die Dünste sich von derselben ausschieden und zur Erde niederfielen.

Allein die Unhaltbarkeit dieser Erklärungen ergibt sich zunächst schon daraus, dass das Quecksilber nicht immer beim regnerischen Wetter sinkt, sondern manchmal seinen Standpunct unveränderlich einhält, und zuweilen sogar noch höher steigt. Ferner zeigt sich bei einer näheren Untersuchung, dass alle in den fraglichen Erklärungen angeführten Gründe unstatthaft sind. — Wenn wir auch annähmen, dass die Luft wirklich auf die Oberfläche der Erde und auf alle vorhandenen Körper einen Druck ausübe, so könnte dieser Druck doch nur allein von der Schwere der Luft herrühren, aber keineswegs durch eine Expansivkraft derselben verstärkt werden. Denn da die Atmosphäre sich in einem unbegrenzten Raume, d. h. uneingeschränkt befindet, so könnte sie, wenn sie wirklich eine solche Expansivkraft besässe, sich nach allen Seiten hin frei und ungehindert ausbreiten, so dass sie bei Zunahme ihrer Expansivkraft nicht genöthigt wäre, einen stärkeren Druck auf die Oberfläche der Erde auszuüben. Die Atmosphäre verhielte sich demnach ungefähr so, wie ein dünner, in parallelen Windungen cylinderförmig gebogener Metalldrath, welcher nur gemäss seiner Schwere auf seine Unterlage drückt, obgleich die unteren Windungen desselben, welche vermöge des Drucks der darauf ruhenden oberen Windungen näher zusammengepresst sind, sich beständig wieder auszubreiten streben. Da also der Druck, welchen die Atmosphäre auf die Erdoberfläche auszuüben vermöchte, nicht von der Expansivkraft derselben abhängt, so kann er auch weder durch eine Zunahme der Expansivkraft verstärkt, noch durch eine Abnahme derselben geschwächt, und folglich daraus weder das Steigen, noch das Sinken des Quecksilbers im Barometer erklärt werden. Die Unrichtigkeit einer solchen Annahme erhellet ferner besonders noch daraus, dass das Quecksilber des Barometers gewöhnlich

auch dann sinkt, wenn die Sonne durch ihre Strahlen kräftig expandirend auf die Luft einwirkt, wie es z. B. um die Mittagsstunden, namentlich in den Tropengegenden, der Fall ist. — Die Erklärung, dass die Luft bei dem Regenwetter durch die Feuchtigkeit specifisch leichter werde, und demnach weniger stark auf das Quecksilber drücken könne, ist ebenfalls unstatthaft, und zwar aus mehreren Gründen: 1) Ist der Druck der Luft nicht von ihrem specifischen Gewichte als solchem abhängig, sondern immer dem absoluten Gewichte derselben gleich; und 2) wenn man auch hiervon abstrahiren wollte, so wäre doch die Differenz des specifischen Gewichtes zu gering, als dass sie so beträchtliche Barometerveränderungen hervorbringen könnte, wie solche zuweilen bei heftigem Regen oder Hagel z. B. bei Gewittern Statt finden.

Das Sinken des Quecksilbers bei regnerischem Wetter kann auch nicht von einer Verminderung der absoluten Schwere der Luft durch die Ausscheidung von Dünsten abgeleitet werden; denn die Masse der sich von der Luft ausscheidenden Dünste ist zu gering, als dass dadurch die Schwere der Luft so beträchtlich vermindert, und somit ein so tiefes Sinken des Quecksilbers veranlasst werden könnte, wie solches oft beim Regen Statt findet. Ja, wenn auch alles Wasser, welches als Regen, Schnee, Hagel oder Thau, während eines ganzen Monates zur Erde fällt, auf einmal in der Luft sich befände, so würde dadurch doch nur eine sehr geringe Veränderung in dem Barometer verursacht werden. Denn, da alles Wasser, welches während eines ganzen Monats in unsern Gegenden aus der Atmosphäre niederfällt, nach einer Mittelzahl eine Höhe von ungefähr 28 Linien ausmacht, so würde, wenn all dieses Wasser auf einmal in der Luft sich befände und mit ihr drückte, das Quecksilber doch nur um 2 Linien höher stehen, und könnte demnach nur um 2 Linien heruntersinken, wenn all dieses Wasser auf einmal aus der Luft zur Erde fiele; und doch sinkt das

Quecksilber bei heftigem Regen oder Hagel z. B. bei Gewittern öfters viel tiefer herunter, obgleich die niederfallende Massermenge bei weitem nicht die Höhe von 28 Linien erreicht. Dass das Niederfallen der Dünste als Regen, Schnee, Hagel u. s. w. nur einen geringen Antheil an den zu gleicher Zeit Statt findenden Barometerveränderungen habe, dieses ist auch selbst von manchen Physikern, welche den Druck der Luft annehmen, wie z. B. von *Wolff* *), *Muncke* **) und Andern anerkannt worden. Ferner ist noch Folgendes zu erwägen. Wenn die Annahme, dass das Quecksilber beim Regenwetter sinke, weil die Schwere der Luft durch das Niederfallen der Dünste vermindert werde, richtig wäre, so müsste das Quecksilber erst mit dem Eintritte des Regens anfangen zu sinken und sofort immer tiefer heruntergehen, je länger der Regen anhielte, und je mehr Dünste sich von der Luft ausschieden; allein es verhält sich hiermit in der That ganz anders. Denn 1) sinkt das Quecksilber gewöhnlich schon viel früher, als der Regen anfängt, 2) bleibt es zuweilen auf seiner früheren Höhe stehen, wenn gleich das Regenwetter noch fortdauert, und 3) steigt es sogar manchmal selbst während des Regens auf eine höhere Stufe, wie bereits früher (S. 165.) erwähnt wurde. *Muncke* erklärt das Sinken des Barometers, welches den Hagelwettern meistens vorausgeht und der Stärke derselben in der Regel proportional ist, daraus, dass die sehr erwärmten und mit Wasserdampf übersättigten Luftschichten aufstiegen ***). Diese Erklärung aber ist ebenfalls unhaltbar; denn die erwärmten, leichteren Luftschichten können nur dann aufsteigen, wenn sie durch eine kältere, schwerere Luft verdrängt und ersetzt werden, so dass dabei der Druck

---

*) Nützliche Versuche von *Christian Wolffen*. Theil II. S. 92—94.

**) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Barometer. S. 937.

***) Ebendaselbst. Art. Hagel. S. 71.

der Atmosphäre, wenn ein solcher wirklich Statt fände, wenig oder gar nicht vermindert werden könnte.

II. Das Quecksilber soll ferner bei starkem Winde sinken, wie einige Naturforscher behaupten, weil die Luft leichter werde, indem ein grosser Theil davon in andere Gegenden fortströme; oder wie Andere wollen, weil die Luft wegen der Schnelligkeit ihrer Bewegung nicht mit ihrer ganzen Schwere drücken könne. — Allein beide Erklärungen sind unstatthaft. Dass bei dem Winde durch das Fortströmen einer grossen Luftmenge die Schwere und der Druck der Atmosphäre an dem Beobachtungsorte so sehr vermindert werde, dieses lässt sich nicht annehmen, da alle Theile der Atmosphäre mit einander im Gleichgewichte stehen, und da jedesmal, wenn eine Luftmasse fortströmt, sogleich eine andere Luftmasse ihr nachrückt, wie dieses auch bei dem Winde offenbar geschieht. Hieraus erhellet also, dass bei dem Winde die Menge und Schwere der Luft an einem Beobachtungsorte nicht so sehr vermindert werden kann, dass das Quecksilber im Barometer so tief heruntersinken könnte, wie man solches oft beim Winde beobachtet hat. — Auch aus der Schnelligkeit der Bewegung kann die Abnahme des Drucks der Luft und das Sinken des Quecksilbers nicht erklärt werden; weil dasselbe gewöhnlich schon längere Zeit vor dem Eintritte des Windes heruntersinkt (S. 162.). Ferner sind beide Erklärungsarten besonders noch aus folgenden Gründen verwerflich: 1) weil das Quecksilber öfters auch während des Windes seinen früheren Standpunct beständig innehält; und 2) weil es manchmal sogar noch beträchtlich höher steigt, als es vor dem Winde gestanden, wie bereits früher (S. 164—65) erwähnt und erklärt wurde. So z. B. hat *Christian Wolff* öfters starken Sturmwind beobachtet, wobei das Quecksilber des Barometers ziemlich hoch stund, und unbeweglich blieb, und im Gegentheil beobachtete derselbe auch den *tiefsten Stand* des

Barometers zu einer Zeit, wo wenig oder gar kein Wind Statt fand*).

Das Quecksilber des Barometers soll auch, wie mehrere Physiker behaupten, bei kalter Luft steigen, weil diese dichter und schwerer wäre, und demnach auch stärker auf das Quecksilber drücken könne, und im Gegentheil soll dasselbe bei warmer Luft sinken, weil diese dünner, specifisch leichter sei, und folglich auch weniger drücken könne. Diese Erklärung aber ist falsch; denn der Stand des Barometers richtet sich nicht so genau nach der Temperatur der Luft, das Quecksilber sinkt oder steigt nicht in dem Masse, wie die Wärme zu- oder abnimmt; so findet man z. B. dass das Quecksilber während des Tages, wo die Luft wärmer, dünner und leichter ist, im Allgemeinen höher steht, als während der Nacht, wo die Luft kälter, dichter und schwerer ist, ebenso zeigt das Barometer auch während des Sommers *im Allgemeinen* einen höheren Stand, als während des Winters. Ueberdiess ist zu erwägen, dass die Wärme nicht bloss die atmosphärische Luft, sondern zugleich auch das Quecksilber im Barometer verhältnissmässig expandirt und specifisch leichter macht, und dass demnach eine Temperaturerhöhung keine so beträchtliche Aenderung des Barometerstandes hervorzubringen vermag. Ferner ist zu bemerken, dass die Wärme, wenn sie gleich die Atmosphäre expandirt und das specifische Gewicht einer bestimmten Luftmenge durch die Expansion so vermindert, dass diese im Vergleich mit einer gleich grossen kälteren Luftmenge in ärostatischer Beziehung leichter erscheint, doch die absolute Schwere der Atmosphäre nicht vermindert, ja sogar noch vermehrt, indem sie bewirkt, dass mehr Dünste von der Erde aufsteigen, und also ihr Gewicht mit dem der Atmosphäre vereinigen. Aus eben diesem Grunde behaupteten Manche auch, dass das Queck-

---

*) Nützliche Versuche von *Christ. Wolffen.* Th. II. S. 89.

silber des Barometers bei heiterem, ruhigen Wetter steigen müsste, weil dann die Luft mehr Dünste in sich aufnehmen, und mithin eine grössere Schwere und Expansivkraft erhalten könnte. Wenn aber die Luft bei heiterem, ruhigem Wetter durch die Aufnahme von vielen Dünsten wirklich eine grössere Schwere und Expansivkraft erhielte, und desshalb ein Steigen des Barometers verursachen könnte, so müsste sie unter den nämlichen Verhältnissen bei einer höheren Temperatur noch mehr an Schwere und Expansivkraft zunehmen, und folglich auch das Quecksilber noch höher heben, weil sie dann auch eine grössere Menge von Dünsten in sich aufnimmt. Dass dieses aber wirklich nicht der Fall sei, ist hinreichend bekannt.

Diese kurze Untersuchung mag wohl genügen um zu zeigen, dass die von dem Drucke der Luft hergeleiteten Erklärungen zu willkührlich, gekünstelt und ungegründet sind, häufig mit einander im Widerspruche stehen, und dass alle Erscheinungen, welche man von einem Drucke der Luft abzuleiten pflegt, in der That nicht davon herrühren, dass namentlich auch das Sinken und Steigen des Quecksilbers im Barometer nicht befriedigend aus einer Ab- und Zunahme des Luftdrucks erklärt werden kann, sondern dass hier eine andere Ursache, nämlich die Anziehungskraft, zum Grunde liegt.

Anhang.

Wenn die Lehre vom Drucke der Luft unbegründet ist, wie wir bisher gefunden haben, so müssen auch die darauf beruhenden Theorien über die Verdunstung, über die Verdichtung und Niederschlagung der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste, wie z. B. über die Bildung der Wolken, der Nebel, des Thaues, Regens u. s. w. unhaltbar sein. Wenn im Gegentheil die bisher entwickelte neue Ansicht über die Eigenschaften der Luft, über die Beschaffenheit der Atmosphäre und ihre Veränderungen die richtige ist, wie sie mir zu sein scheint, so kann sie über die vorerwähnten Naturerscheinungen manchen Aufschluss geben. Aus diesen Gründen will ich es versuchen, eine neue Theorie über die Verdunstung zu begründen und sodann die Zu- und Abnahme der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste, die Bildung der Wolken, der Nebel, des Thaues, des Regens, der Gewitter und des Hagels zu erklären. Ehe ich aber diese Gegenstände selbst abhandele, scheint es mir zweckmässig zu sein, zuvor noch die Natur und Wirksamkeit des Wärmestoffes etwas näher zu betrachten, theils weil er bei den zu untersuchenden Naturprocessen eine wichtige Rolle spielt, theils auch weil manches, was in den vorhergehenden Paragraphen über die Eigenschaften und Wirkungen des Wärmestoffes gesagt wurde, noch fester begründet werden muss.

§. 18.

Ueber die Natur und Wirksamkeit des Wärmestoffes.

Unter Wärmestoff denkt man sich eine äusserst subtile Materie, welche die bekannten, der Wärme eigenthümlichen Wirkungen hervorbringt. Man kann jenes Agens mit Recht als etwas Materielles, als einen Stoff betrachten, weil es Erscheinungen und Wirkungen hervorbringt, die nur von einer Materie herrühren können. Man betrachtet also den Wärmestoff als ein äusserst feines, unwägbares*) Fluidum, welches sich nicht einschliessen, in bestimmten Schranken halten lässt, sondern überall, durch den ganzen Weltraum verbreitet ist und alle Körper mit grosser Leichtigkeit durchdringt.

Fortleitung des Wärmestoffes durch die Anziehung der Körper. Die erste Frage, welche sich hier uns darbietet, ist: Wie und warum kann der Wärmestoff alle Substanzen durchdringen, und aus einem Körper in den andern übergehen? Hierauf lässt sich Folgendes antworten. Die Körper enthalten zwischen ihren Elementartheilchen kleine Zwischenräume (§. 4.), können also vermöge der Anziehungskraft Wärmestoff in sich aufnehmen. Demnach kann der Wärmestoff die Körper ganz durchdringen und sich im Verhältniss zur Anziehung überall gleichmässig verbreiten. Diese Anziehung ist überhaupt desto stärker, je kleiner

*) Obschon der Wärmestoff unwägbar ist, so kann man ihm doch die Schwere nicht ganz absprechen; denn da die Schwere blos auf einer Anziehung beruht, und da der Wärmestoff von allen Körpern und besonders auch von der Erde angezogen wird, so muss man ihm auch eine, wenn gleich äusserst geringe und unmessbare Schwere zuerkennen. Die Körper können durch eine starke Erhitzung, d. h. durch die Aufnahme einer grossen Menge Wärmestoffes nicht an Gewicht zunehmen, weil sie zugleich ein verhältnissmässig grösseres Volumen erhalten, und daher nach den Gesetzen der Statik in der Luft nicht nur nicht mehr, sondern sogar noch weniger wiegen können.

die Menge des angezogenen Wärmestoffes ist. Wenn also zwei Körper von verschiedener Temperatur mit einander in Berührung kommen, so muss der eine dem andern so viel Wärmestoff überlassen, dass beide in einem mittleren Temperaturzustande übereinkommen*). Die Schnelligkeit, womit der Wärmestoff aus dem einen Körper in den andern übergeht, richtet sich nach der Grösse des Temperaturunterschiedes und der absoluten Empfänglichkeit derselben für den Wärmestoff.

Bei einiger Aufmerksamkeit findet man alsbald, dass der Wärmestoff nicht mit gleicher Leichtigkeit alle Körper durchdringt, sondern dass er von den dichten und schweren Körpern, z. B. den Metallen und Steinen, stärker angezogen und schneller fortgeleitet wird, als von den lockeren und leichten Körpern, als Holz, Kohle, Asche, Luft, Wolle u. s. w. Dieses kommt wahrscheinlich daher, dass die dichten, schweren Körper, gemäss ihrer grösseren Menge Materie, den Wärmestoff stärker anziehen. Diese

*) Unter der Temperatur eines Körpers versteht man die Grösse oder Menge seiner freien, fühl- und messbaren Wärme. Man bezeichnet die Temperatur als eine hohe oder niedere, je nachdem die freie Wärme in grosser oder geringer Menge vorhanden ist und sich stark oder schwach äussert. Die Begriffe von «warm» und «kalt» sind blos relativ. Es gibt nämlich keinen Körper, welcher absolut warm oder kalt ist. Wir halten einen Körper für warm, wenn er in uns das Gefühl der Wärme hervorbringt; und im Gegentheil halten wir ihn für kalt, wenn er in uns das Gefühl der Wärme aufhebt und ein entgegengesetztes Gefühl d. h. das der Kälte erzeugt. Die Kälte ist nur etwas negatives, nämlich Mangel an Wärme. — Da wir bei Beurtheilung der Temperatur durch unser subjectives Gefühl sehr leicht getäuscht werden können, so gebraucht man ein zu diesem Zwecke verfertigtes Instrument, vermittelst dessen man die Intensität oder Stärke der freien Wärme messen kann, welches daher auch Wärmemesser oder Thermometer genannt worden und allgemein bekannt ist.

stärkere Anziehung kann zunächst darauf beruhen: 1) dass die Moleculartheilchen der dichten, schweren Körper grösser sind und demnach auch eine grössere Anziehkraft besitzen, als die der lockeren, leichten Körper; und 2) dass die Poren oder feinen Zwischenräume in den dichten, schweren Körper kleiner und enger sind, als die in den lockeren und leichten Körpern, und daher auch die Anziehung und Fortleitung des Wärmestoffes mehr begünstigen können, gleichwie auch die tropfbaren Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Wein, Weingeist u. s. w. in engen Haarröhrchen leichter, schneller und höher aufsteigen als in weiteren. Diejenigen Körper, welche den Wärmestoff schnell in sich aufnehmen und fortleiten, verlieren ihn auch schnell wieder; denn eben wegen der stärkeren Anziehung und schnelleren Fortleitung, bleibt die Temperatur in allen Theilen derselben besser im Gleichgewichte: die Wärme, welche sie bei der Abkühlung von aussen an der Oberfläche verlieren, wird gleich wieder von innen ersetzt, und dadurch werden die Körper in ihrem Innern beinahe ebenso schnell abgekühlt, als sie an ihren Oberflächen erkalten. Jene Körper hingegen, welche schlechte Wärmeleiter sind, d. h. den Wärmestoff langsam in sich aufnehmen und fortleiten, die behalten ihn auch lange Zeit; denn sie geben den Wärmestoff an diejenigen Körper, womit sie in Berührung stehen, nur langsam ab, und können an ihrer Oberfläche schon kühl oder kalt geworden sein, während sie im Innern noch sehr warm sind. Uebrigens ändert sich die Temperatur eines Körpers desto schneller, je mehr Berührungspuncte seine Oberfläche darbietet; weil da der Wärmestoff um so mehr Uebergangspuncte findet und mithin auch häufiger ein- und ausströmen kann.

Einfluss der Wärme auf das Volumen der Körper. Beobachtet man die Körper bei ihrem Temperaturwechsel etwas näher, so findet man, dass ihr Volumen sich immer verändert, und zwar grösser oder kleiner wird, je nach-

dem die Wärme darin zu- oder abnimmt. Diese Erscheinung ist folgender Massen zu erklären. Da der Wärmestoff als Materie einen Raum einnimmt, so muss er auch die Körper, in welche er eindringt, allmählig ausdehnen, und zwar desto weiter, je mehr er sich darin ansammelt. Gleichwie also die Körper bei der Aufnahme einer tropfbaren Flüssigkeit sich ausbreiten und bei der Entfernung derselben sich wieder zusammenziehen, so muss auch das Volumen der Körper mit Zunahme der Wärme grösser und im Gegentheil mit Abnahme derselben kleiner werden. Die Elementartheilchen der Körper müssen im ersten Falle sich von einander entfernen, indem sie durch den zwischen sie eindringenden Wärmestoff von einander getrieben werden; dieselben können dagegen im zweiten Falle, vermöge der gegenseitigen Anziehung, wieder näher zusammenrücken, und den Raum einnehmen, welchen vorher der Wärmestoff in Besitz hatte. Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme ist so beträchtlich, dass man sie schon bei einer geringen Temperaturerhöhung bemerken kann. So z. B. sehen wir, dass eine nur wenig Luft enthaltende, gehörig zugebundene Thierblase in der Wärme, z. B. in der Nähe eines heissen Ofens, stark anschwillt, in der Kälte aber wieder zusammensinkt; ferner dass hohle Glaskügelchen, welche in kaltem Branntwein schwimmen, bei der Erwärmung desselben untersinken, nach dem Erkalten aber wieder aufsteigen; dass eine eiserne Kugel, welche in eine kreisrunde Oeffnung einer Eisenplatte so passt, dass sie noch leicht durchgeht, nachher, wenn sie glühend gemacht worden ist, nicht mehr durchgeht; kurz, dass überhaupt alle Körper bei Zunahme der Wärme sich ausbreiten*), und dagegen bei Abnahme derselben sich mehr zu-

*) Feuchte Körper z. B. Holz, Thon u. dgl. verlieren an Umfang, wenn sie erwärmt werden, weil alsdann die Elementartheilchen, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, näher

sammenziehen und auf einen kleineren Raum beschränken *). Ferner ist noch zu bemerken, dass die Körper nicht alle in gleichem Masse durch die Wärme expandirt werden, dass nämlich der eine bei gleicher Temperaturerhöhung weiter expandirt wird, als der andere; ferner dass dieselben, namentlich die tropfbaren Flüssigkeiten und die

---

zusammenrücken, indem die in ihren Zwischenräumen befindliche Flüssigkeit daraus entweicht.

*) Einige Körper scheinen hiervon eine Ausnahme zu machen, indem sie bei ihrem Uebergange aus dem Zustande der Tropfbarkeit in jenen der Starrheit ein grösseres Volumen erhalten, was z. B. an dem Eisen, Wismuth, Spiessglanz, Schwefel und ganz besonders an dem Wasser zu bemerken ist. Diese Erscheinung kömmt daher, dass diese Körper bei dem Erstarren sich krystallisiren, wie sich besonders bei dem Wasser deutlich nachweisen lässt. Wenn nämlich das Wasser erstarrt, so krystallisirt es sich, seine Elementartheilchen rücken näher zusammen, vereinigen sich fest mit einander und bilden kleine Nädelchen von Eis, welche sich gewöhnlich unter einem Winkel von 60° oder 30° Grad aneinander legen und also bedeutende Lücken zwischen sich frei lassen; woher es denn kömmt, dass die ganze Masse sich ausbreitet und einen grösseren Umfang erhält, ihren Raum aber nicht mehr so gleichförmig ausfüllt, als vor dem Erstarren. Die kleinen Lücken im Eise sind nicht leer, sondern enthalten Luft, welche während des Gefrierens von den zusammenrückenden Wassertheilchen aus ihren Zwischenräumen verdrängt wurde und hierauf denjenigen Raum einnehmen musste, welcher von dem sich krystallisirenden Wasser verlassen wurde. Gleichwie aber das Wasser beim Krystallisiren einen grösseren Umfang erhält, so müssen auch die andern Körper, welche sich krystallisiren, an Umfang mehr oder weniger zunehmen, je nachdem die in ihnen frei gebliebenen Lücken mehr oder weniger gross und zahlreich sind. Das Volumen des Wassers verhält sich zu dem Volumen des durch sein Gefrieren entstandenen Eises nach *Meineke* wie 885 : 1000, nach *Williams* wie 17 : 18, nach *Scoresbey* und *Irving* wie 14 : 15, nach *Muschenbroek* wie 8 : 9.

festen Körper nicht bei jedem Grad der Temperaturerhöhung gleich viel an Umfang gewinnen, sondern bei gleicher Erwärmung um so mehr ausgedehnt werden, je höher ihre Temperatur schon gestiegen ist. Beide Erscheinungen sind folgender Massen zu erklären. Da die Körper durch Expansion an Umfang zunehmen, in dem Masse, wie die Menge des Wärmestoffes in ihnen zunimmt, so erhellet auch, 1) dass die Körper zu einem bestimmten Temperaturgrade nicht alle gleich viel Wärmestoff erfordern; und 2) dass dieselben nicht bei jedem Grade der Erwärmung gleich viel Wärmestoff in sich aufnehmen, sondern bei den niedern Graden weniger, als bei den höheren. Die erste Folgerung wird vollkommen bestättigt durch den Umstand, dass die Menge des Wärmestoffes in verschiedenen Körpern bei gleicher Temperatur wirklich verschieden befunden wird. Die zweite Folgerung erscheint ebenfalls richtig, wenn man die Zunahme des Volumens der Körper bei der Erwärmung gehörig beachtet. Denn, gleichwie grosse Körper bei gleicher Temperaturerhöhung an Umfang mehr zunehmen, als kleine, (indem sie verhältnissmässig auch mehr Wärmestoff erhalten), ebenso müssen auch alle Körper bei den einzelnen Graden der fortgesetzten Erwärmung an Umfang desto mehr zunehmen, je grösser dieselben schon durch die Expansion geworden sind, d. h. mit andern Worten, je höher ihre Temperatur schon gestiegen ist. —

Einfluss der Wärme auf die Cohärenz und den Aggregatzustand der Körper. Mit der Temperatur ändert sich zugleich auch die gegenseitige Anziehung der Elementartheilchen der Körper; sie wird nämlich schwächer oder stärker, je nachdem die Wärme zu- oder abnimmt. Der Wärmestoff vermindert die gegenseitige Anziehung der Elementartheilchen, weil er sich um dieselben ansammelt, sie von einander entfernt, und ihre Anziehkraft in Anspruch nimmt und gewisser Massen beschäftigt. Nach den Versuchen von *Achard* beträgt die Stärke der Ad-

härenz einer kreisrunden Glasscheibe von 1 ½ Zoll Durchmesser an destillirtem Wasser bei 10 Grad Wärme nach *Sulzer's* Thermometer 97 ½ Gran, und bei 95 Grad nur 81 ¼ Gran. — Wie sehr die Cohärenz durch den Wärmestoff vermindert wird, erhellet daraus, dass die tropfbaren Flüssigkeiten bei starker Erhitzung in Dampf verwandelt werden, und mit einer grossen Gewalt sich ausbreiten können, wie wir dieses z. B. an der ungeheuren Wirkung der Dampfmaschienen wahrnehmen; ferner, dass auch die härtesten Metalle, ja selbst Steine nicht nur weich und tropfbar flüssig werden, sondern sogar verdampfen können, wenn sie einer hinreichend intensiven Einwirkung des Wärmestoffes, z. B. der Flamme des *Newman*'schen Knallgasgebläses oder den concentrirten Sonnenstrahlen in dem Brennpuncte eines grossen Brennspiegels oder Brennglases ausgesetzt sind. Im Gegentheil können die Körper um so dichter werden, je mehr Wärmestoff ihnen entzogen wird; so können z. B. mehrere Stoffe, welche gewöhnlich permanent gasförmig sind, z. B. das Chlor, die Kohlensäure, schwefelige Säure, die Schwefelwasserstoffsäure, das Stickstoffoxydgas, das Ammoniak im ganz wasserfreien Zustande tropfbar flüssig werden, wenn man ihnen durch die vereinte Wirkung von Druck und Kälte den Wärmestoff soviel als möglich entzieht, wie es zuerst den Engländern *Davy* und *Faraday* gelungen ist. Die tropfbaren Flüssigkeiten, wie z. B. das Wasser, Oel, der Alkohol und das Quecksilber, können in den Zustand der Starrheit übergehen und fest werden, wenn sie durch die Natur oder Kunst ihres Wärmestoffes beraubt werden. —

Verschiedenheit der Wärme-Capacität bei verschiedenen Körpern. Der Wärmestoff ist zwar überall durch den ganzen Weltraum verbreitet, aber nicht gleichmässig vertheilt. So besitzen z. B. die starren Körper viel weniger Wärmestoff, als die tropfbar flüssigen, und diese wieder weniger, als die Luft- und die andern gasförmigen Stoffe.

Diese Verschiedenheit der Aggregatzustände steht in einem wesentlichen Causalnexus mit der verschiedenen Wärme-Capacität der einzelnen Stoffe oder Körper. So z. B. ist die Wärme-Capacität des Sauerstoffgases und Wasserstoffgases sehr gross; viel geringer ist sie, wenn beide Stoffe mit einander chemisch vereinigt und zu einer tropfbaren Flüssigkeit, d. h. zu Wasser, verdichtet sind; und noch geringer ist sie, wenn das Wasser erstarrt und zu Eis geworden ist. Ebenso können mehrere Gasarten durch Entziehung der Wärme und vermittelst starker Zusammenpressung, in den Zustand der Tropfbarkeit versetzt werden; und im Gegentheil können feste Körper durch Mittheilung einer grossen Menge Wärmestoff tropfbar flüssig und selbst gasförmig gemacht werden. Die Wärme-Capacität ist nicht nur bei verschiedenen Aggregatzuständen, sondern auch bei einem und demselben Aggregatzustande in verschiedenen Materien verschieden, was auch deutlich daraus hervorgeht, dass dieselben bei gleicher Temperaturerhöhung nicht gleichviel an Umfang zunehmen, sondern mehr oder weniger, je nachdem sie eine grössere oder kleinere Menge Wärmestoff erfordern, so dass die Grösse der Expansibilität als ein sicheres Mass für die Wärme-Capacität der Materien betrachtet werden darf. Wie sehr z. B. die Wärme-Capacität des Wassers von der des Quecksilbers verschieden sei, davon kann man sich leicht durch einen Versuch überzeugen. Bringt man z. B. ein Pfund Quecksilber von 0° Wärme in ein Pfund Wasser von $+ 34^\circ$, und untersucht nach einiger Zeit beide Flüssigkeiten mit dem Thermometer, so zeigt eine wie die andere $+ 33^\circ$ Wärme. Hieraus erhellet also, das die Wärmemenge, welche in der Temperatur des Wassers einen Grad ausmacht, schon hinreicht, die Temperatur des Quecksilbers um 33 Grade zu erhöhen, dass also eine bestimmte Quantität Wasser, z. B. ein Kubikzoll ungefähr $2\,^5/_{14}$ Mal so viel Wärmestoff enthält, als ein gleiches Volumen Quecksilber von derselben Temperatur.

Freie und gebundene Wärme. Hieraus erhellet, dass die Temperatur der Körper sich nicht nach der absoluten Menge des in ihnen befindlichen Wärmestoffes richtet, sondern blos nach der sogenannten freien Wärme, d. h. nach der Menge desjenigen Wärmestoffes, welcher frei ausströmen kann, ohne dass der Körper eine Veränderung seines Aggregatzustandes erleidet; dahingegen derjenige Wärmestoff, welcher nothwendig ist um den Körper permanent in einer bestimmten Aggregatform, z. B. in einem tropfbaren oder gasförmigen Zustande zu erhalten, inniger und fester mit demselben verbunden ist, und daher der gebundene, figirte Wärmestoff heisst, auch wohl, weil er zur Erhöhung der Temperatur nichts beiträgt und auf das Thermometer keinen Einfluss ausübt, unmerkliche, verborgene oder latente Wärme genannt worden ist. Daher kann z. B. das Wasser eine gleiche, ja sogar eine beträchtlich höhere Temperatur haben, als das zu seiner Bildung erforderliche Sauerstoff- und Wasserstoffgas, obgleich diese Gasarten eine weit grössere Menge Wärmestoff enthalten, als das Wasser. Das Verhältniss der freien und der gebundenen Wärme ist nicht in allen Körpern gleich, so ist z. B. die Quantität der gebundenen Wärme am grössten in den Gasarten und Dämpfen, geringer in den tropfbaren Flüssigkeiten und am geringsten in den festen Körpern. Ebenso erscheint der freie Wärmestoff nicht in allen Körpern mit gleicher Freiheit, sondern er ist am freiesten in den festen Körpern, weniger frei in den tropfbaren Flüssigkeiten, am wenigsten frei in den Dämpfen und Gasarten. Die Differenz der freien und gebundenen Wärme beruht blos auf dem Unterschiede der Stärke, womit die Elementartheilchen der Körper einander gegenseitig und den Wärmestoff anziehen. Wenn nämlich die Elementartheilchen sich selbst gegenseitig stärker anziehen können, als der Wärmestoff von ihnen angezogen wird, d. h. wenn die Elementartheilchen der Körper, vermöge der gegenseitigen Anziehung, näher zusammen zu

rücken und den Wärmestoff aus ihren Zwischenräumen zu verdrängen streben, dann erscheint der Wärmestoff frei, und zwar um so freier, je stärker das ebenerwähnte Streben der Körper hervortritt. Wenn aber ein solches Streben in den Körpern nicht Statt findet, d. h. wenn der Wärmestoff ebenso stark oder noch stärker von den Elementartheilchen der Körper angezogen wird, als dieselben sich gegenseitig anziehen, dann erscheint der Wärmestoff gebunden. Da die Stärke, womit die Elementartheilchen der Körper den Wärmestoff anziehen, um so mehr abnimmt, je mehr die Menge des vorhandenen Wärmestoffes zunimmt, so ist es begreiflich, dass jeder Körper nur eine gewisse, seiner Aggregatform angemessene Menge Wärmestoff gebunden halten kann, und dass der übrige Wärmestoff frei erscheinen muss, und zwar um so freier, je mehr er angehäuft, d. h. je höher die Temperatur der Körper ist. Die Erscheinung, dass der Wärmestoff in verschiedenen Körpern bei gleicher Temperatur nicht gleiche Freiheit und Beweglichkeit zeigt, beruht darauf, dass die Elementartheilchen dieser Körper nicht mit gleicher Stärke gegenseitig einander anziehen und den Wärmestoff aus ihren Zwischenräumen zu verdrängen streben. Der Umstand, dass die Elementartheilchen der festen Körper im Allgemeinen sich gegenseitig stärker anziehen, als die der tropfbaren Flüssigkeiten und diese sich stärker einander anziehen, als die der Gasarten, ist eigentlich die Ursache, warum der Wärmestoff in den festen Körpern am freiesten erscheint, in den tropfbaren Flüssigkeiten weniger frei, und in den Gasarten am wenigsten frei oder am meisten gebunden ist. Auf das Streben der Körper, sich zusammenzuziehen und den in ihren Zwischenräumen befindlichen Wärmestoff zu vertreiben, werden wir später noch einmal zurückkommen. —

Ursache der verschiedenen Wärme-Capacität. Die Verschiedenheit der Wärme-Capacität hat meines Erachtens ihren Grund in der Verschiedenheit der Elementartheilchen

der Materien. Da die Elementartheilchen der Körper an Grösse, Gestalt und Anziehkraft sehr verschieden sind, (§. 3.), so muss auch die Menge und Grösse ihrer Zwischenräume und mithin auch die Menge des in ihnen befindlichen Wärmestoffes sehr verschieden sein. Wenn nämlich die Elementartheilchen sehr klein, und nicht enge und fest mit einander verbunden sind, dann müssen auch ihre Zwischenräume häufiger und grösser sein, folglich auch mehr Wärmestoff enthalten. Wenn im Gegentheil die Elementartheilchen grösser, und gemäss ihrer stärkeren Anziehung auch enger und fester mit einander verbunden sind, dann müssen auch ihre Zwischenräume kleiner und weniger zahlreich sein, und demnach auch weniger Wärmestoff enthalten. Aus diesem Grunde ist die Wärme-Capacität der Gasarten grösser, als die der tropfbaren Flüssigkeiten, und diese grösser, als die der festen Körper u. s. w.

Verhältniss zwischen der absoluten Wärmemenge der Körper und der Grösse ihres Volumens. Hieraus erhellet nun, dass die absolute Wärmemenge der Körper sich nicht gleich bleiben kann, wenn ihr Volumen und ihr Aggregatzustand verändert wird, sondern dass die Wärmemenge derselben zu- oder abnimmt, je nachdem ihr Volumen grösser oder kleiner wird. — Dass die Körper zur Vergrösserung ihres Volumens eine grössere Wärmemenge erfordern, ergibt sich schon daraus, dass dieselben an Umfang desto mehr zu- oder abnehmen, je mehr Wärmestoff ihnen mitgetheilt oder entzogen wird; ferner erhellet es daraus, dass die Körper eine beträchtliche Menge Wärmestoff absorbiren, wenn sie aus dem Zustande der Starrheit in den der Tropfbarkeit übergehen, wie z. B. wenn Metalle beim Erhitzen schmelzen und flüssig werden, wenn das Eis aufthaut, und wenn Salze in Wasser aufgelösst werden, oder wenn Materien aus dem Zustande der Tropfbarkeit in den der Dunst- oder Gasförmigkeit übergehen, wie z. B. Wasser, Weingeist, Naphta

verdunstet, ja sogar selbst wenn die Luft mechanisch ausgedehnt wird, wie dieses z. B. beim Auspumpen der Glocke der Luftpumpe der Fall ist, wie wir bereits (S. 40—42.) gesehen haben*). Im Gegentheil müssen die

*) Es gibt zwar Fälle, welche von diesem Grundsatze eine Ausnahme zu machen und gegen die eben aufgestellte Theorie zu sprechen scheinen, nämlich solche Erscheinungen, wo unter Bildung einer grossen Menge Gase, eine grosse Hitze entsteht, da doch nach obiger Theorie eine Absorption von Wärmestoff und mithin eine Abkühlung Statt finden sollte. Allein bei einer näheren Untersuchung zeigt sich, dass die fraglichen Erscheinungen jener Theorie nicht widersprechen, und, ohne ihr einen Abbruch zu thun, ganz einfach erklärt werden können. Die fraglichen Erscheinungen sind gewöhnlich von der Art, dass Gase sich entwickeln, deren Elementartheilchen in freiem Zustande gasförmig erscheinen, zu andern Stoffen eine geringe Affinität haben, sich nur schwer mit demselben zu einem tropfbaren oder starren Körper vereinigen lassen, und im Gegentheil sich sehr leicht aus solchen Verbindungen wieder abscheiden und in ihren gasförmigen Zustand zurückkehren, wie es z. B. namentlich mit dem Stickstoff und dem Chlor der Fall ist.

Der Stickstoff erscheint im freien Zustande immer gasförmig, hat zu andern Stoffen eine sehr geringe Affinität, lässt sich meistens nur indirect, d. h. wenn er z. B. mit Sauerstoff zu einer tropfbaren Flüssigkeit verbunden ist, d. h. als Stickstoffsäure oder Salpetersäure mit andern Körpern verbinden. Er kann sich aber sehr leicht wieder von diesen Verbindungen abscheiden, wenn dieselben mehr oder weniger erhitzt werden, wobei er sich mit grosser Gewalt expandirt und in Gasform übergeht. Daher kömmt es, dass die salpetersauren Salze, unter heftiger Explosion verpuffen, wenn sie mit verbrennlichen Substanzen, z. B. Kohle oder Schwefel, bis zum Glühen erhitzt werden, dass einige derselben sogar schon bei einem Schlage, und der Jodstickstoff und Chlorstickstoff selbst schon bei der leisesten Berührung äusserst heftig explodiren können. Unter diese explodirenden Verbindungen des Stickstoffes gehören ausser den bereits erwähnten, das gewöhnliche Schiesspulver, das sogenannte

Körper bei ihrer Verdichtung Wärmestoff von sich geben, und zwar eine grössere oder kleinere Menge, je nachdem

---

Knallpulver, welches aus Salpeter, Weinsteinsalz und Schwefel besteht, ferner die verschiedenen Arten Knallsilber, das Knallgold und das Knallquecksilber u. s w.

Was nun die bei den Explosionen Statt findende Entwickelung von Wärmestoff und Bildung von Gasen anbelangt, so lässt sich diese sehr leicht erklären, wie nun z. B. bei dem Verbrennen des Schiesspulvers näher gezeigt werden soll. Wenn nämlich ein Funke in Schiesspulver fällt, so fangen die davon getroffenen Kohlentheilchen gleich Feuer, d. h. entzünden sich, bringen dadurch den mit ihnen verbundenen Schwefel zum Brennen, und durch das Feuer desselben wird der mit ihnen innig vermischte Salpeter glühend, und dieser Verbrennungsprozess pflanzt sich von dem zuerst entzündeten Pulverkörnchen fast augenblicklich auf alle daneben befindlichen Körnchen fort, so dass die ganze Masse Pulvers wie in einem Momente sich entzündet und zersetzt. In der Glühhitze wird der Salpeter zerlegt in Kali und Salpetersäure, der Schwefel verbindet sich zum Theil mit Kali und bildet Kalipersulfurid, die Salpetersäure wird grösstentheils frei und sogleich zersetzt; es entsteht daraus Stickgas und Stickoxydgas, und ferner Sauerstoffgas, welches leztere sich theils mit Kohle, theils mit dem übrigen Schwefel verbindet, wodurch diese beiden Stoffe theils mehr, theils weniger oxydirt, und somit verschiedene Producte gebildet werden, z. B. Kohlenoxydgas, kohlensaures Gas, unterschwefeligtsaures Gas und Schwefelsäure, welche Stoffe theils gasförmig bleiben, theils sich mit Kali verbinden und somit theils kohlensaures, theils schwefeligsaures und schwefelsaures Kali bilden, wobei bald mehr, bald weniger Kohle unverbrannt zurückbleibt. Der Rest der zersetzten Salpetersäure erscheint gasförmig als Stickgas und Stickoxydgas (Salpetergas), welche in Verbindung mit den vorgenannten Gasen mit grosser Gewalt und Schnelligkeit sich expandiren und also die heftigen Explosionen hervorbringen.

Die grosse Menge Wärmestoff, welche hierbei zum Vorschein kömmt, und hauptsächlich die expandirende Gewalt der neuentstehenden Gase bedingt, wird nicht blos aus den

sie an Umfang mehr oder weniger abnehmen. Denn gleichwie der Wärmestoff, wenn er in die Körper ein-

---

zersetzten Bestandtheilen des Schiesspulvers entbunden, sondern grösstentheils aus der Umgebung derselben hervorgelockt. Die erste Hitze entsteht durch das Anzünden und Verbrennen der Kohle und des Schwefels, indem das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft, welche theils mit dem Schiesspulver zugleich eingeschlossen worden, theils auch durch die Zündöffnung mit demselben in Verbindung steht, sich mit Kohle und Schwefel verbindet, und in der Glühhitze auch ein Theil des Schwefels mit Kali eine innige Verbindung eingeht; wenn nun einmal durch die in der Glühhitze Statt findende Zersetzung die gasbildenden Stoffe frei geworden sind, so sind sie im Stande, gemäss der ihnen eigenthümlichen Wärme-Capacität eine grosse Menge Wärmestoff in sich aufzunehmen, welcher sodann auch von allen Seiten sehr schnell zwischen die Elementartheilchen der gasbildenden Stoffe eindringt, um dieselben so weit zu expandiren, wie sie es als freie Gase zu sein pflegen, woher es denn kömmt, dass dieselben sich mit einer grossen Gewalt und Schnelligkeit ausbreiten und dadurch heftige Explosionen bewirken. — Dass der Wärmestoff wirklich auf die eben beschriebene Weise von allen Seiten eindringen und die freigewordenen Elementartheilchen der Gasstoffe mit grosser Gewalt und Schnelligkeit zu ihrem naturgemässen Volumen expandiren können, ist sehr begreiflich, wenn man erwägt, dass der Wärmestoff überall verbreitet, besonders in der atmosphärischen Luft sehr häufig ist, alle Körper mit grosser Leichtigkeit durchdringt, zumal wenn er durch die elektrische Materie, welche alle Körper mit Blitzesschnelligkeit zu durchdringen vermag, mit fortgeführt wird, wie es hier, bei dem heftigen Verbrennungsprozesse des Schiesspulvers, welcher durch den elektrischen Gegensatz der verschiedenen Bestandtheile wesentlich bedingt wird, der Fall zu sein scheint. Ferner ist zu erwägen, dass der Wärmestoff auch unter andern Verhältnissen ähnliche Wirkungen hervorbringt, dass er z. B. in moussirenden Weinen die Kohlensäure im Momente ihrer Entbindung sehr schnell expandirt, in Gas verwandelt und dadurch die Pfropfen mit grosser Gewalt aus-

dringt, die Elementartheilchen derselben weiter von einander treibt, so kann und muss er auch von ihnen, wenn dieselben näher zusammenrücken, aus ihren Zwischenräumen verdrängt werden. So kann z. B. durch eine starke Zusammenpressung der Luft viel Wärme frei werden, so dass das Gefäss, worin die Verdichtung Statt findet, beträchtlich wärmer wird, und dass selbst Feuerschwamm sich darin entzündet. Ebenso kann auch eine beträchtliche Wärme sich entwickeln, wenn zwei Materien, vermöge einer gegenseitigen starken Anziehung, sich chemisch verbinden und zu einem dichteren Körper vereinigen. So entsteht z. B. eine beträchtliche Wärme bei der Vereinigung des Wassers mit frisch gebranntem Kalke, bei der Vermischung des Weingeistes mit concentrirter Salpetersäure; ferner, wenn Eisen in glühendem Zustande mit Sauerstoffgas oder Schwefel in Berührung kömmt, und sich in Eisenoxyd oder Schwefeleisen umwandelt; oder wenn Sauerstoffgas und Phosphor mit einander verbrennen und sich zu Phosphorsäure verbinden, und eine ausserordentlich starke Hitze entsteht, wenn Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit einander verbrennen und durch ihre Vereinigung und Verdichtung Wasser bilden. Ebenso beruht der gewöhnliche Verbrennungsprocess bei dem Küchen-, Ofen- und Lampenfeuer darauf, dass das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft sich mit einem andern Stoffe, einer sogenannten brennbaren Ma-

---

treibt, auch wohl selbst die Flaschen zersprengt; dass er ferner die zusammengepressten atmosphärische Luft mit grosser Gewalt wieder auszudehnen vermag, wie bereits früher (S. 65—66.) gezeigt worden ist. — Gleichwie bei dem Verbrennen und Zersetzen des Schiesspulvers die Erzeugung der Gasarten und die Entwickelung des Wärmestoffes zu Stande kömmt, so geschieht sie auch bei der Zersetzung anderer stickstoffhaltiger Verbindungen, jedoch mit einiger Modification der dabei Statt findenden chemischen Processe, welche indess hier nicht näher in Betracht kommen.

terie in der Glühhitze chemisch vereinigt, wodurch der in den Zwischenräumen ihrer Elementartheilchen enthaltene Wärmestoff grossentheils entwickelt wird. —

Strahlung der Wärme. Bei einem solchen lebhaften Verbrennungsprocesse bemerkt man, dass der Wärmestoff sich nicht blos durch Fortleitung, gemäss der Anziehung, verbreitet, sondern vermöge eines eigenen Triebes nach allen Seiten hinströmt. Diese schnelle Verbreitung des Wärmestoffes, welche gemeiniglich mit dem Worte «Strahlung» bezeichnet wird, geschieht desto schneller, 1) je grösser die sich verdichtende Masse, 2) je kleiner das Volumen ist, welches sie bei ihrer Verdichtung annimmt, und endlich 3) je schneller diese Verdichtung erfolgt; weil dann der Wärmestoff desto häufiger, und mit desto mehr Kraft und Schnelligkeit aus der sich verdichtenden Masse verdrängt wird. Der Wärmestoff ist also, vermöge der ihr mitgetheilten Kraft und Schnelligkeit, im Stande fortzuströmen, auf eine ähnliche Weise, wie das Wasser, welches in irgend einem Raume stark gepresst wird, durch feine Oeffnungen herausspritzt; und der Wärmestoff kann auf solche Weise sehr leicht, schnell und weit fortströmen, da er in seiner Bewegung äusserst wenig Hindernisse findet, indem er die Luft, das Wasser, Glas und andere Körper leicht und schnell durchdringt, und da die Schwere, welche bei der Bewegung anderer Körper so sehr hinderlich ist, hier bei dem Wärmestoff gar nicht in Betracht kömmt. Die Wärme strahlet um so leichter, schneller und stärker, je mehr Licht damit verbunden ist; weil der Lichtstoff noch viel feiner ist, in seiner Bewegung noch viel weniger Hindernisse findet, die durchsichtigen Materien z. B. Luft, Wasser, Weingeist, Glas u. s. w. sehr leicht durchdringt und bei der Strahlung den Wärmestoff mit sich fortführt. Der Wärmestoff strahlt nicht nur unmittelbar aus dem Feuer hervor, sondern auch aus denjenigen Körpern, welche mit einer Wärmequelle in Verbindung stehen, z. B. aus einem

geheitzten Ofen, wie auch überhaupt aus allen jenen Körpern, deren Temperatur die der umgebenden Luft beträchtlich übersteigt. Gleichwie nämlich die Elementartheilchen der Körper, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, einander innig zu berühren streben, und daher dem eindringenden Wärmestoffe einen angemessenen Widerstand leisten, so streben sie auch, wenn sie durch den eingedrungenen Wärmestoff von einander entfernt worden sind, beständig wieder näher zusammenzurücken und den Wärmestoff aus ihren Zwischenräumen zu vertreiben, wie wir auch bereits früher (S. 190—91.) angenommen haben.

Die Körper äussern unter gewissen Verhältnissen ein Streben, sich zusammenzuziehen, und den Wärmestoff aus ihren Zwischenräumen zu verdrängen. Dieses contractive Streben der Körper zu erweisen, dürften wohl folgende Versuche dienen. 1) Man fülle ein Gefäss mit reinem Wasser, umgebe es von aussen ringsum mit einem Gemische aus Schnee oder geschabtem Eis und Salmiak, oder setze es an einem ganz ruhigen Orte einer Kälte von — 5° R. aus, und lasse alsdann das Ganze ruhig stehen; das Wasser wird in kurzer Zeit und ohne zu gefrieren um fünf Grade unter 0° erkalten. Wenn man nun das Gefäss ein wenig erschüttert, so erstarrt ein Theil des Wassers zu Eis und vertreibt aus seinen Zwischenräumen den Wärmestoff, der nun in das noch flüssige Wasser eindringt und seine Temperatur bis auf 0°, auch wohl darüber erhöht. Dieser Uebergang des Wärmestoffes kann aber nicht ursprünglich von einer Fortleitung durch Anziehung herrühren, weil diese nur eine gleichmässige Verbreitung der Wärme, d. h. ein Gleichgewicht der Temperatur, keineswegs aber einen beträchtlichen Temperaturunterschied hervorzubringen vermag. 2) Ein anderes hierher gehöriges Phänomen erzählt *Scholz*. Er stellte eine bis zum Krystallisationspuncte abgedampfte Lauge von salzsaurem Kalke im Winter vors Fenster zum krystallisiren. Als dieses nach dem völligen

Erkalten der Lauge nicht vor sich gehen wollte, nahm er die Abrauchschale herein, um die Lauge weiter abzudampfen. Auf diese Erschütterung fing die ganze Lauge augenblicklich an zu krystallisiren, und dabei wurde die Schale so schnell heiss, dass er sie kaum so lange halten konnte, um sie auf den nächsten Tisch zu tragen; auch gerieth zugleich die Lauge in so heftige Bewegung und Wallung, als ob sie im stärksten Sieden begriffen wäre *). Hier wird der Wärmestoff ebenfalls von den Elementartheilchen des salzsauren Kalkes, welche bei dem Krystallisiren näher zusammenrücken und sich fest mit einander vereinigen, aus ihren Zwischenräumen schnell verdrängt, wobei er sogleich in das Wasser und das Gefäss selbst übergeht, sich da anhäuft, und somit die Temperatur derselben beträchtlich erhöht. 3) Wenn man einen dicken Drath oder Stab von Eisen an einem Ende glühend macht, und diesen Theil schnell in kaltes Wasser taucht, so wird das obere Ende des Eisens plötzlich sehr heiss, was folgender Massen zu erklären ist. Die äusseren, oberflächlichen Theilchen des eingetauchten Eisens rücken nämlich bei der plötzlichen Erkaltung, indem ihnen durch das kalte Wasser der Wärmestoff entzogen wird, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, mit grosser Schnelligkeit und Kraft näher an einander, drängen mithin auch die von der Oberfläche mehr entfernten, tiefer im Innern befindlichen Eisentheilchen mit Gewalt näher zusammen, wodurch der in ihren Zwischenräumen angehäufte Wärmestoff schnell verdrängt und zugleich genöthigt wird, in den oberen Theil des Eisens überzugehen, da er durch die so sehr contrahirte, verdichtete Oberfläche des eingetauchten Theiles nicht so schnell ausströmen kann. Die rasche Erhitzung des oberen Theiles kann nicht ursprünglich und blos allein von einer Fortleitung der Wärme durch Anziehung herrühren, da dieselbe ohne

*) Anfangsgr. der Physik von *D. Scholz*. S. 461.

das erwähnte Eintauchen des unteren Theiles nicht Statt findet, obgleich in der Luft nicht so viel Wärmestoff aus dem glühenden Eisen entweicht, als bei dem erwähnten Versuche von dem kalten Wasser absorbirt wird. Hierher gehört auch folgend Eerscheinung. 4) Wenn man Wasser in einem bis zur Hälfte damit gefüllten Glaskolben mehrere Minuten lang kochen lässt, um die atmosphärische Luft ganz aus dem Kolben zu vertreiben, denselben dann vom Feuer nimmt und schnell luftdicht verschliesst, so hört das Sieden augenblicklich auf, und zwar aus dem Grunde, weil die über dem Wasser befindlichen Wasserdämpfe die Bildung neuer Dämpfe verhindern, und nun der Wärmestoff aus dem Kolben häufiger nach aussen in die Luft entweicht; wenn man aber, nachdem das Wasser bis auf mehrere Grade unter + 80° erkaltet ist, den ganzen Kolben bis an den Stöpsel in ein anderes Gefäss mit kaltem Wasser eintaucht, so fängt das Wasser im Kolben wieder an heftig zu sieden, weil dann die Wände des Kolbens bei der Einwirkung der äussern Kälte sich mehr zusammenziehen, die Wärme häufig nach innen und in das Wasser verdrängen, worauf dasselbe wieder ins Sieden kömmt, und zwar um so leichter, da die vorher über demselben eingeschlossen gewesenen Dämpfe bei der vorangegangenen Abkühlung sich grösstentheils zu Wasser verdichtet und einen beinahe leeren Raum zurückgelassen hatten. Dass die Elementartheilchen der Körper, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, wirklich näher zusammenzurücken streben, ergibt sich auch daraus, weil sonst der in ihren Zwischenräumen befindliche Wärmestoff nicht mehr daraus entweichen könnte, sondern selbst vermöge der Anziehung in denselben beständig zurückgehalten würde.

Refraction der Wärmestrahlen. Die Wärme wird von den Mitteln, durch welche sie strahlend forteilt, auf dieselbe Weise und nach denselben Gesetzen gebrochen, und von glatten, glänzenden Oberflächen zurückgeworfen,

wie das Licht, wenn sie mit diesem verbunden ist, wie z. B. in den Sonnenstrahlen, oder auch wohl in den Strahlen, welche von weissglühenden Körpern ausgehen; je weniger Licht aber mit der Wärme verbunden ist, je dunkeler die Wärmestrahlen sind, desto schwerer können sie die dem Lichte durchgänglichen Mittel durchdringen, desto unvollkommener ist die Fortpflanzung und Brechung derselben. So gehen die mit den Lichtstrahlen aus der Sonne kommenden Wärmestrahlen durch Glas fast ungehindert durch; dahingegen die aus einem Kaminfeuer kommenden Wärmestrahlen bei ihrem Durchgange durch Glas von demselben grossentheils aufgehalten, in geleitete Wärme verwandelt werden und daher das Glas erwärmen. Die Wärmestrahlen, welche von einer erhitzten eisernen Kugel ausgehen, können das Glas um so leichter und häufiger durchdringen, je glühender die Kugel ist, und je mehr Licht sie zugleich mit der Wärme entwickelt. Die dunkele Wärme, welche von einem mit siedendem Wasser gefüllten Gefässe ausstrahlet, wird vom Glas beinahe ganz aufgehalten und in geleitete Wärme umgewandelt, so dass kein merklicher Theil strahlend hindurchdringt. Ueberhaupt sind für die dunkelen Wärmestrahlen bei weitem nicht so viele Substanzen durchgänglich, als für die Lichtstrahlen. — Die Art und Weise, wie die Wärme- und Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch verschiedene Mittel gebrochen werden, wurde bereits früher (S. 15—16.) erklärt. Es bleibt uns also hier nur noch die Absorption und Reflexion der Wärmestrahlen etwas näher zu betrachten.

Absorption und Reflexion der Wärmestrahlen. Diejenigen Substanzen, welche die Wärmestrahlen als solche nicht durchlassen, absorbiren dieselben entweder, d. h. verwandeln sie in geleitete Wärme und erhalten dadurch eine höhere Temperatur, oder sie reflectiren dieselben, d. h. werfen dieselben zurück, unter demselben Winkel, unter welchem sie eingefallen waren, wobei die Temperatur

der reflectirenden Körper nicht erhöht wird. Die Absorption, wie auch die Reflexion der Wärmestrahlen hängt von der Natur und Beschaffenheit der Körper, wie auch von der Richtung der einfallenden Wärmestrahlen ab. Die Metalle reflectiren am meisten und absorbiren am wenigsten; Glas hingegen absorbirt schon viel mehr und reflectirt weniger. Ein und derselbe Körper kann übrigens unter gleichen Verhältnissen die Wärmestrahlen um so mehr reflectiren, je glatter, heller, glänzender seine Oberfläche ist; dahingegen er um so mehr Wärmestrahlen absorbiren kann, je rauher und dunkeler seine Oberfläche ist. Der Wärmestoff wird unter übrigens gleichen Verhältnissen desto häufiger reflectirt und desto weniger absorbirt, je mehr Lichtstoff mit demselben verbunden ist, weil dadurch seine Strahlungsfähigkeit desto mehr erhöht wird. Daher kömmt es, dass besonders die weisen glänzenden Oberflächen, welche die Lichtstrahlen am meisten reflectiren, auch die damit verbundenen Wärmestrahlen vorzüglich stark reflectiren, und dass das Glas, welches die Lichtstrahlen leicht ein- und durchlässt, die Wärmestrahlen weniger reflectirt und mehr absorbirt, als die Metalle, obgleich diese im Ganzen den Wärmestoff viel stärker anziehen und besser fortleiten können, als das Glas. Die Wärmestrahlen werden übrigens von den rauhen Oberflächen häufiger absorbirt, als von den glatten, weil sie an jenen mehr Berührungspuncte finden und daher auch stärker angezogen werden. Die Wärmestrahlen werden ferner ebenso wie die Lichtstrahlen, unter übrigens gleichen Verhältnissen desto mehr reflectirt, je kleiner der Winkel ist, unter dem sie auf die Oberfläche der Körper fallen, weil sie dann um so leichter davon abprallen, und demnach auch weniger in ihrer Fortbewegung gehemmt werden; dahingegen werden dieselben am häufigsten absorbirt, wenn dieselben senkrecht auffallen, weil sie dann am wenigsten abprellen, am meisten in ihrer Fortbewegung gehemmt, und demnach am stärksten

von der Oberfläche des Körpers angezogen werden. Daher ist die Temperatur am höchsten da, wo die Sonnenstrahlen senkrecht auffallen, am geringsten hingegen da, wo dieselben am meisten schief, d. h. unter dem kleinsten Winkel einfallen.

Da die Wärmestrahlen von den glatt polirten Oberflächen der Metalle grösstentheils reflectirt werden, so ist man im Stande, vermittelst der Hohlspiegel, dieselben aufzufangen und in einem Puncte, dem sogenannten Brennpuncte zu concentriren, und dadurch nicht nur Feuerschwamm und Holz anzuzünden, sondern sogar Metalle zu schmelzen und zu verbrennen. Durch solche Spiegel kann die Wärme auch bei schwacher Strahlung, selbst wenn sie mit wenig oder gar keinem Lichte verbunden ist, merklich reflectirt und concentrirt werden. Wenn man z. B. zwei Hohlspiegel in einem kleinen Abstande gegen einander stellt, so dass ihre Axen eine gerade Linie bilden, und bringt in den Brennpunct des einen Spiegels das Gefäss eines empfindlichen Thermometers, und in den Brennpunct des andern eine brennende Kohle oder eine glühende eiserne Kugel, so steigt die Flüssigkeit des Thermometers sehr bald bis auf einen bestimmten Grad, bleibt sofort einige Zeit stehen, und sinkt dann allmählig wieder, in dem Verhältnisse wie die Wärme abnimmt, auf den früheren Standpunct zurück. Diese Erscheinung ist folgender Massen zu erklären. Aus der glühenden Kohle oder Kugel strahlt der Wärmestoff nach allen Seiten aus, und derjenige Theil, welcher auf den zunächststehenden Spiegel fällt, wird von demselben zurückgeworfen, und zwar in parallellaufenden Strahlen auf den gegenüber stehenden Spiegel hingeleitet, von welchem er sodann abermals reflectirt, und zwar in convergenten Strahlen auf das Thermometer hingetrieben wird. Die Flüssigkeit des Thermometers, welche also den concentrirten Wärmestoff empfängt, muss sehr bald bis zu einer angemessenen Höhe steigen, und nach einiger Zeit, wenn

die strahlende Wärme wieder nachlässt, auf seinen vorigen Standpunct heruntersinken. Wenn man aber anstatt der glühenden Kohle, ein Stück Eis zu dem nämlichen Versuche anwendet, so muss die Flüssigkeit im Thermometer sinken; weil hier der eben erklärte Process in umgekehrter Ordnung erfolgt. Denn da das Eis viel Wärme einsaugt und dadurch die Luft seiner Umgegend abkühlt, so muss die Kugel des Thermometers, gemäss ihrer höheren Temperatur, Wärmestoff ausstrahlen, welcher nun auch von den beiden Spiegeln nach einander reflectirt und auf das Eis hingeleitet wird.

Die Kälte ist nichts Positives. Ebenerwähntes Phänomen brachte mehrere Physiker auf die Meinung, dass das Eis Kälte ausstrahlen könne, und dass diese also nicht blos Mangel an Wärme, etwas Negatives, sondern wirklich etwas Positives, der Wärme entgegenwirkendes sei. Das fragliche Phänomen lässt sich aber auch ohne solche Hypothese sehr leicht und einfach erklären. Beide Spiegel reflectiren den einfallenden Wärmestoff auf die oben beschriebene Weise, so dass die in ihren Brennpuncten befindlichen Körper sich gegenseitig Wärmestoff mittheilen, und dadurch ihre Temperaturen in Uebereinstimmung bringen können. Der wärmere Körper kann nämlich mehr Wärmestoff ausstrahlen, als in sich aufnehmen, und im Gegentheil der kältere Körper mehr Wärmestoff in sich aufnehmen, als ausstrahlen, und daher kömmt es, dass die Temperatur des erstern sinken, die des letzteren hingegen steigen muss. Die glühende Kugel erkaltet also nicht wegen Aufnahme eines Kältestoffes, sondern weil sie Wärmestoff abgibt; und ebenso sinkt die Temperatur der Thermometerkugel bei dem zweiten Versuche, nicht weil sie Kältestoff in sich aufnimmt, sondern blos, weil sie Wärmestoff ausstrahlt. Die Hypothese von einer Kältestrahlung ist also ganz überflüssig und unbegründet. Wie könnte auch das Volumen der Körper, z. B. der Flüssigkeit im Thermometer bei einem Wechsel der

Temperatur verändert werden, wenn der Wärmestoff desselben durch einen Kältestoff verdrängt und ersetzt würde, oder wenn umgekehrt der Wärmestoff die Stelle eines Kältestoffes einzunehmen hätte? Wenn die Temperatur eines Körpers sinken soll, genügt es da nicht, dass derjenige Stoff, wovon die Wirkung der Wärme herrührt, daraus entweicht, gleichwie auch ein Körper um trocken zu werden, nur die Nässe oder Feuchtigkeit zu verlieren braucht? Wenn man um das Kaltwerden der Körper zu erklären, einen eigenthümlichen Kältestoff annehmen dürfte, so könnte man mit demselben Rechte auch die Trockenheit der Körper von einem besondern Trockenstoffe herleiten, und ebenso könnte man im Gegensatze zu dem Lichtstoffe, auch einen eigenthümlichen dunkelmachenden Stoff annehmen. Denn wenn man in den Brennpunct des einen Spiegels eine schwarze Kugel, und in den Brennpunct des andern Spiegels ein weises Papier bringt, so zeigt sich auf demselben ein dunkeler Kreis; da im Gegentheil ein heller Kreis entsteht, wenn man anstatt der schwarzen Kugel eine hellglänzende anwendet. Gleichwie man aber nicht berechtigt ist, einen besonderen Trockenstoff und Dunkelstoff anzunehmen, ebenso ist auch die Annahme eines Kältestoffes unbegründet und unstatthaft. — Zum Schlusse soll hier noch untersucht werden, ob der Wärmestoff wirklich eine Abstosskraft besitzt, wie gewöhnlich angenommen wird.

Der Wärmestoff besitzt keine Abstosskraft. Die Hypothese von einer Abstosskraft der Wärmetheilchen ist ganz grundlos und unzulässig; denn 1) kennen wir keine Erscheinung, wo die Elementartheilchen des Wärmestoffes sich selbst gegenseitig oder andere Materien abstiessen, und 2) gibt es auch keine Erscheinungen, die eine solche Abstosskraft als nothwendig voraussetzt. Obgleich der Wärmestoff das Volumen der Körper erweitert, und die gegenseitige Anziehung, Co- und Adhärenz ihrer Elementartheilchen vermindert, so sind wir doch nicht

berechtigt, ihm eine Abstosskraft zuzuschreiben; denn er kann dieselben Erscheinungen auch ohne eine Abstosskraft hervorbringen, wie bereits vorhin (S. 184—88.) erklärt wurde. Wollte man wegen der erwähnten Eigenschaft dem Wärmestoffe eine Abstosskraft zuschreiben, so müsste man dieselbe auch dem Wasser zuerkennen, weil es ebenfalls die nämlichen Wirkungen hervorbringt. Die Ausstrahlung der Wärme berechtigt uns auch nicht zur Annahme einer Abstosskraft, weil diese Erscheinung auch anders, und zwar sehr einfach und befriedigend erklärt werden kann, wie wir auch bereits gesehen haben. Die Reflexion, d. h. das Abprallen der Wärmestrahlen von der Oberfläche der Körper, ist ebenfalls kein hinreichender Grund, eine Abstosskraft anzunehmen; zumal da auch die Strahlen anderer Flüssigkeiten, z. B. des Wassers und der Luft (bei dem Echo) dasselbe Phänomen darbieten. Die Brechung der Wärmestrahlen spricht nicht nur nicht für eine Abstosskraft, sondern im Gegentheil für eine Anziehkraft derselben; indem sie von ihrer anfänglichen geraden Richtung abweichen, und nach dieser oder jener Seite hinfahren, je nachdem sie auf der einen oder der andern Seite stärker angezogen werden, wie bereits früher (S. 15—16.) erklärt worden ist. Die Erscheinung, welche *Libri* und *Fresnel* beobachtet haben wollen, nämlich: dass zwei einander sehr genäherte leichte Körper (z. B. Scheibchen von Rauschgold u. s. w.), von denen wenigstens einer leicht beweglich ist, sich von einander entfernen, wenn einer davon durch die Sonnenstrahlen erhitzt wird, kann ebenfalls nicht als ein Beweis für eine eigenthümliche Abstosskraft geltend gemacht werden. Denn diese scheinbare Abstossung der Goldblättchen beruht ebenso, wie das Abstossen gleichnamiger elektrischer Körper, auf einer zwischen denselben Statt findenden Luftströmung, welche sowohl durch die Hitze, als auch durch die Elektricität (S. 31—33.) hervorgebracht werden kann. Dass die fragliche Erscheinung auch unter dem ausgepumpten Recipienten

Statt findet, ist kein Gegengrund, da der Recipient nie ganz leer gepumpt werden kann, und die darin zurückbleibende Luft, wenn sie durch Elektricität oder Wärme in Bewegung gesetzt wird, wohl im Stande ist, die leichten Goldblättchen, zwischen welche sie eindringt, von einander zu entfernen. Wenn die Elementartheilchen des Wärmestoffes wirklich eine Abstosskraft besässen, und sowohl sich gegenseitig selbst als auch andere Körper abstiessen, so wäre es nicht möglich, die Wärme durch Hohlspiegel und durch convexe Gläser zu concentriren, und in einem einzelnen Körper dermassen anzusammeln, wie es in der That zu geschehen pflegt. Der Wärmestoff könnte auch nicht in die festen Körper eindringen und dieselben ausdehnen, indem ihre Elementartheilchen, vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung, zu fest an einander haften und den Wärmestoff nicht eindringen lassen würden, zumal da dieser vermöge der Abstosskraft sich von den Körpern zu entfernen trachten müsste. — Da aber der Wärmestoff nirgends eine Spur von einer Abstosskraft zeigt, im Gegentheil von allen Körpern deutlich angezogen wird, so sind wir berechtigt anzunehmen, dass er bei dieser Anziehung nicht blos leidend, sondern auch thätig sei, dass er also nicht blos angezogen werde, sondern auch selbst anziehen könne, und folglich auch eine Anziehkraft haben müsse, was wir auch bereits früher angenommen haben.

§. 19.

Theorie der Verdunstung.

Da die atmosphärische Luft sich fortwährend in einem Zustande von Distraction und Contractivität befindet (§. 13.), so kann sie auch ebenso, wie die distrahirte Luft, unter der Glocke der Luftpumpe (S. 41.) die tropfbaren Flüssigkeiten, womit sie in Berührung steht, nach und nach distrahiren und absorbiren. Demnach erscheint es sehr begreiflich, dass auf der ganzen Erdoberfläche zu allen

Zeiten Wasser verdunstet, und dass die Verdunstung in den höheren Regionen der Atmosphäre schneller erfolgt, als in den niederen, weil dort die Distraction der Luft stärker ist (S. 71.). Man hat in neuerer Zeit das Verdunsten gewöhnlich als ein langsames Verdampfen betrachtet, und von der expandirenden Wirkung der Wärme abgeleitet, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil das Wasser (wie auch jede andere tropfbare Flüssigkeit) bei einer höheren Temperatur schneller verdunstet, als bei einer niederen, und weil es bei der Verdunstung immer Wärmestoff absorbirt. Man suchte auch zu beweisen, dass die Luft das Verdunsten nicht nur nicht befördere, sondern im Gegentheil sogar noch hindere, und berief sich dabei auf die Erscheinung, dass das Verdunsten in der dichten Luft nicht so schnell erfolgt, als in der verdünnten Luft unter dem ausgepumpten Recipienten u. s. w. Allein diese Annahme ist unstatthaft; denn es gibt einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Verdunsten und dem Verdampfen, indem der natürliche Hergang bei beiden, ungeachtet ihrer grossen Aehnlichkeit, dennoch sehr verschieden ist, wie nun gezeigt werden soll. Das eigentliche Verdunsten, wobei das Wasser langsam und unsichtbar in die atmosphärische Luft übergeht, wie solches überall auf der ganzen Erdoberfläche zu allen Zeiten und bei jeder Temperatur geschieht, beruht hauptsächlich darauf, dass das Wasser durch die atmosphärische Luft nach und nach distrahirt und absorbirt wird; dahingegen das Verdampfen, wobei das Wasser schnell und sichtbar als Dampf in die Atmosphäre aufsteigt, ursprünglich von einer durch die Wärme bewirkten Expansion herrührt, und einen beträchtlichen Temperaturunterschied zwischen der verdampfenden Flüssigkeit und der sie umgebenden Luft und andern Körper voraussetzt. Bei dem Verdunsten sind nothwendig zwei Momente zu unterscheiden, nämlich: dass das Wasser (wie auch jede verdunstbare Flüssigkeit) 1) ein grösseres Volumen be-

kömmt, und 2) in die atmosphärische Luft übergeht und vor den Augen verschwindet. Die Vergrösserung des Volumens geschieht niemals ohne die Aufnahme von Wärmestoff; derselbe ist aber hier nicht die eigentliche Ursache oder causa efficiens der Vergrösserung des Volumens, sondern nur die conditio sine qua non. Wenn das Wasser distrahirt wird, was bei dem Verdunsten gewöhnlich geschieht, so ist es im Stande, eine beträchtliche Menge Wärmestoff zu absorbiren, und dieser dringt in das Wasser ein, um die bei der Distraction entstehenden grösseren Zwischenräume einzunehmen, und die weiter von einander entfernten Wassertheilchen häufiger zu umgeben. Bei dem Verdampfen aber verhält es sich anders; da wird nämlich die Volumenvergrösserung erst durch den Wärmestoff bewirkt; indem dieser häufig in das Wasser eindringt und dasselbe sehr expandirt, wobei die Wassertheilchen selbst durch den eindringenden Wärmestoff von einander getrieben werden, wie bereits früher (S. 184–87.) erklärt wurde. Bei dem Verdunsten geschieht also die Vergrösserung des Volumens primär, und die Aufnahme einer angemessenen Menge Wärmestoff secundär; dahingegen bei dem Verdampfen das Eindringen des Wärmestoffes primär, und die Vergrösserung des Volumens secundär erfolgt. — Die feinen Wasserkügelchen oder Bläschen, woraus der Dampf besteht, werden nachher, bei ihrem Aufsteigen in der Atmosphäre, von der Luft noch weiter distrahirt und endlich auch absorbirt, wie es beim Verdunsten geschieht. Die Vereinigung des Wassers mit der Luft, welche bei dem Verdunsten wie auch bei dem Verdampfen Statt findet, kann nur von einer gegenseitigen Anziehung ihrer Theilchen herrühren; indem beide Flüssigkeiten sich sehr innig und ebenmässig mit einander vermischen, was sonst nicht wohl geschehen könnte. Wenn das Wasser dampfförmig ist, so kann es viel leichter und schneller von der Luft distrahirt und absorbirt werden, als wenn es sich in einem tropfbar flüssigen Zustande

befindet; weil alsdann, wegen der grösseren Wärme, die Cohärenz seiner Theilchen viel geringer ist, und weil es als Dampf der Luft viel mehr Berührungspuncte darbietet, indem es ein viel grösseres Volumen hat, und in äusserst kleine Molecüle, d. h. Dampfkügelchen vertheilt ist, welche einzeln von der Luft ganz umflossen, und also der Distraction und Absorption viel mehr Preiss gegeben sind. Dass das Wasser bei dem Verdunsten nicht primär durch die Wärme expandirt, sondern ursprünglich distrahirt, von der Luft angezogen und absorbirt werde, dieses erhellet besonders noch daraus, dass die Verdunstung desto schneller erfolgt, je mehr Berührungspuncte die Oberfläche des Wassers der Luft darbietet; ferner dass das Wasser in der verdünnten Luft in den höheren Regionen der Atmosphäre schneller verdunstet, als in der dicken Luft an der Erdoberfläche, wo doch die Wärme beträchtlich grösser ist und also auch das Verdunsten oder langsame Verdampfen mehr befördern könnte, wenn sie eigentlich die Ursache desselben wäre, und dass nicht nur das Wasser, sondern *selbst das Eis* bei jeder auch noch so geringen uns bekannten Temperatur verdunstet, wie durch die Erfahrung erwiesen ist *). Die Verdunstung erfolgt selbst dann, wenn die Temperatur des Wassers und die seiner Umgebung ganz gleich ist. Woher sollte es nun kommen, dass der Wärmestoff hier in das Wasser eindringen und es zu Dampf expandiren müsste? Es ist auch unbegreiflich, wie eine Flüssigkeit unter dem Siedepunct verdampfen könne, zumal wenn man annimmt, dass die Atmosphäre beständig einen Druck, gleich einer Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe, auf die ganze Erdoberfläche und alle vorhandenen Körper ausübe. Die Annahme von *Dalton*, dass der auf der Oberfläche des Wassers sich bildende Dampf keineswegs den Druck der ganzen Atmosphäre, sondern blos den Druck

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Hagel. S. 76.

des in der Atmosphäre schon befindlichen Wasserdampfes zu überwinden habe, ist ganz unhaltbar; indem der Erfahrung gemäss jeder Druck in den tropfbaren, wie auch in den gasförmigen Flüssigkeiten sich gleichmässig nach allen Richtungen und auf alle in denselben befindliche Körper oder materielle Puncte fortpflanzt. Wie und woher sollte auch der Dampf das Prärogativ haben, dass er allein von der Luft nicht gedrückt würde? Dieses ist ein Räthsel, welches *Dalton* noch zu lösen hat. — Die Erscheinung, dass das Wasser langsamer oder schneller verdunstet, je nachdem mehr oder weniger Dunst schon in der Luft vorhanden ist, kann nicht als ein Beweis für *Dalton's* Hypothese betrachtet werden, da die erwähnte Thatsache eigentlich erst zur Aufstellung jener Hypothese Anlass gab. — Die Erscheinung, dass das Wasser in dem ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe und in der torricellischen Leere viel schneller verdunstet, als in der freien Luft, kömmt daher, weil daselbst durch die starke Distraction die gegenseitige Anziehung und Cohärenz der Wassertheilchen aufgehoben, dieselben sofort von einander entfernt und also in Dunstform versetzt werden, wie auch bereits früher (S. 40—42 u. 105.) erklärt wurde. Die Höhe, von welcher das Quecksilber in der torricellischen Röhre heruntersinkt, wenn über demselben eine gewisse Quantität Wasser bei einer bestimmten Temperatur verdunstet, dient nicht als Mass für die Expansivkraft dieses Wasserdunstes, wie *Dalton* angenommen hat, sondern als Mass für die (unter Beihülfe der expandirenden Wärme) durch das Quecksilber bewirkte Distraction des Wassers, wie sich auch aus dem ergibt, was schon früher über die Distraction (S. 121 u. 125—29.) angeführt wurde. Die Erfahrung, dass alle Gasarten unter gleichen Umständen gleichviel Wasser als Dunst aufnehmen können, erklärt sich daraus, dass die Quantität der Verdunstung eben nicht von der chemischen Qualität der Gase, sondern hauptsächlich von der rein

physischen (im Gegensatze zur chemischen) Anziehung der Gas- und Wassertheilchen abhängt. Denn, gleichwie verschiedene Gasarten, ungeachtet der Differenz ihres specifischen Gewichtes, sich vermöge der gegenseitigen Anziehung gleichförmig vermischen, ohne chemisch auf einander zu wirken, so können diese Gasarten auch sich mit den Wasserdünsten gleichförmig vermischen. Die Gasarten können übrigens ebenso wie die atmosphärische Luft, mehr oder weniger Wasser als Dunst aufnehmen, je nachdem die Verdunstung desselben durch die Temperatur und durch die Distraction oder Compression der Gasarten mehr oder weniger befördert oder verhindert wird. — Alle bisher erwähnten Erscheinungen können also nicht mehr als Beweise für die allgemein angenommene, sondern vielmehr für meine Theorie geltend gemacht werden. Ferner spricht für meine Ansicht auch die Erscheinung, dass die Naphta unter dem Recipienten der Luftpumpe so schnell verdunstet, und das mit dem Gefässe derselben in Berührung stehende Wasser zu Eis erstarrt (S. 42.). Denn, dass die Naphta hier nicht primär durch den Wärmestoff expandirt, sondern vielmehr durch die ausgedehnte Luft distrahirt und zum Verdunsten gebracht werde, erhellet zunächst und ganz deutlich daraus, dass sie bei dem Verdunsten dem Wasser sehr viel Wärmestoff entzieht, und es zum Gefrieren bringt, was nach den Gesetzen der Verbreitung des Wärmestoffes und der Ausgleichung der Temperatur nicht geschehen kann. — Jedoch soll hiermit nicht behauptet werden, dass das Verdunsten des Wassers in freier Atmosphäre blos von der Distraction der Luft herrühre und von dem Einflusse der Wärme ganz unabhängig sei, sondern es ist so zu verstehen, dass die Distraction der Luft das erste und Hauptmoment der Aufnahme und Verbreitung der Dünste in der Atmosphäre sei, dass aber die Wärme als zweites Moment, zur Ausdehnung des Wassers und zum Uebergange in Dunstform wesentlich

mitwirke, und dass das Verdunsten unter übrigens gleichen Verhältnissen desto leichter und schneller erfolge, und dass die Dünste um so mehr ausgebreitet und höher in die Atmosphäre erhoben werden, je grösser die Wärme ist. —

Die atmosphärische Luft ist also im Stande, gemäss ihrer Distraction und der herrschenden Temperatur, eine angemessene Menge Dünste in sich aufzunehmen und schwebend zu halten, welche Fähigkeit daher Dunstcapacität genannt werden kann. Diese Fähigkeit der Luft ist nicht in allen Theilen der Atmosphäre gleich, sondern in den höheren Schichten grösser, als in den unteren, welche der Erdoberfläche näher sind, wie wir bereits früher (S. 207.) gefunden haben. Jene Dunstcapacität ist auch nicht zu allen Zeiten gleich, sondern manchmal grösser, manchmal kleiner; so kann die Atmosphäre mehr Dünste aufnehmen und schwebend halten, wenn sie durch die Anziehung des Mondes und der Sonne stärker distrahirt wird, wie es z. B. während des Neu- und Vollmondes, während der Erdnähe des Mondes und während der Mond sich in der nördlichen Hemisphäre der Erde befindet, der Fall ist; dahingegen die Atmosphäre weniger Dünste in sich aufzunehmen und schwebend zu halten vermag, wenn sie von jenen Weltkörpern weniger angezogen und distrahirt wird (S. 71—74.). Denn gleichwie die distrahirte Luft unter dem Recipienten der Luftpumpe die Dünste frei und dichter werden lässt, wenn sie selbst sich wieder auf ihre vorige Dichtheit zusammenzieht (S. 41.), so kann auch die atmosphärische Luft einen Theil ihrer Dünste frei lassen, wenn sie sich mehr zusammenzieht. — Da die Verdunstung auch von der herrschenden Temperatur abhängt, so muss die Dunstcapacität der Atmosphäre auch nach Verschiedenheit der geographischen Breite und der Jahrszeiten überhaupt sehr modificirt erscheinen, und zwar muss sie am Aequator und in den heissen Tropengegenden am grössten, in den eiskalten Polarzonen hin-

gegen am geringsten sein. Ebenso kann sie auch bei dem Wechsel der Jahrszeiten sich nach der Temperatur richten, d. h. gleichzeitig mit der Wärme zu- und abnehmen; so ist dieselbe z. B. in unsern Gegenden während des Sommers am grössten, während des Winters hingegen am geringsten. Unter übrigens gleichen Verhältnissen kann die Verdunstung bei herrschendem Winde schneller erfolgen, als bei ruhiger Atmosphäre, und zwar aus dem Grunde, weil im ersten Falle die Luft gewöhnlich mehr distrahirt ist, und weil während des Windes mehr Luftschichten mit dem Wasser in Berührung und Wechselwirkung kommen, welche zusammen mehr Wasser in sich aufnehmen können, als eine einzelne Luftschicht, welche ruhig darüber stehen bleibt, und wenn sie einmal mit Dünsten gesättigt ist, kein Wasser mehr in sich aufzunehmen vermag. Gleichwie die Winde die Verdünstung des Wassers sehr befördern, so können sie auch zur Zerstreuung und Auflösung der etwa vorhandenen Nebel und Wolken sehr viel beitragen. —

§. 20.

Ab- und Zunahme der in der Atmosphäre befindlichen Dünste.

Die in der Atmosphäre befindlichen Dünste bleiben nicht immer darin schwebend, sondern sie können unter mancherlei Einflüssen sich wieder verdichten und unter verschiedenen Formen, als Thau, Regen, Schnee oder Hagel zur Erde fallen. Die Ursachen, wovon das Verdichten und Niederfallen der Dünste abhängt, sind ebenso verschieden, als diejenigen, welche das Aufsteigen und Verbreiten derselben befördern. Die Dünste können sich verdichten, wenn die Dunsttheilchen sich selbst gegenseitig stärker anziehen, als sie von der Luft angezogen werden. Denn vermöge dieser gegenseitigen Anziehung, können die Dünste näher zusammenrücken, sich mit einander nach und nach inniger verbinden, und somit Nebel oder Wolken von verschiedener Dichtheit, und bei fort-

gesetzter Verdichtung auch kleinere oder grössere Wassertropfen oder Hagelkörner bilden.

Die Dunsttheilchen werden von der Luft weniger angezogen, 1) wenn die Atmosphäre selbst weniger distrahirt ist, wenn z. B. die Anziehung des Mondes oder der Sonne abgenommen hat, und 2) wenn die Dünste sich in einer sehr grossen Menge, z. B. bis zur Sättigung in der Atmosphäre angehäuft haben. Die Dunsttheilchen können sich selbst gegenseitig stärker anziehen: 1) wenn sie von der Luft weniger angezogen werden; 2) wenn sie in grosser Menge vorhanden sind; 3) wenn die Temperatur abgenommen hat, und 4) wenn zwischen verschiedenen Dunsttheilchen oder Dunstmassen ein elektrischer Gegensatz obwaltet. Die Dünste können sich um so häufiger und stärker verdichten, je mehr von solchen Momenten zugleich Statt finden, und je grösser die Intensität und Extensität derselben ist. Um die Wirksamkeit dieser Momente besser kennen zu lernen, dürfte es zweckmässig sein, dieselben einzeln näher zu betrachten und besonders zu untersuchen, inwiefern sie zur Aufnahme von Dünsten in die Atmosphäre, wie auch zur Abscheidung derselben und zur Bildung von Niederschlägen beitragen können.

A. Einfluss der Distraction der Atmosphäre auf die in derselben befindlichen Dünste.

Die Distraction der Atmosphäre kann durch ihre Zu- und Abnahme einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Witterung ausüben. Wenn nämlich die Atmosphäre durch die zunehmende Anziehung der andern Weltkörper, z. B. des Mondes und der Sonne, stärker distrahirt wird, so ist sie im Stande mehr Dünste aufzunehmen, vorhandene Wolken wieder zu distrahiren und zu absorbiren, so dass diese sich nach und nach weiter ausbreiten, dünner, lockerer und leichter werden und allmählig verschwinden. Unter diesen Verhältnissen können überhaupt alle Dünste sich mehr ausbreiten und in höhere Regionen der Atmo-

sphäre aufsteigen, so dass die unteren Luftschichten durchsichtiger und trockener werden. Wenn im Gegentheil die Atmosphäre weniger distrahirt wird, wenn z. B. die Anziehung des Mondes und der Sonne abgenommen hat, so kann die Luft sich mehr zusammenziehen und verdichten, und demnach die Dünste weniger distrahiren und schwebend halten; und dann wird nicht nur die Aufnahme neuer Dünste vermindert, sondern es kann auch leicht geschehen, dass die in der Atmosphäre schon verbreiteten Dünste sich ebenfalls zusammenziehen und verdichten, dabei die Luft feucht machen und sichtbare Dunstmassen, als Wolken oder Nebel, bilden, auch wohl selbst in den Zustand der Tropfbarkeit zurückkehren, und als Thau oder Regen u. s. w. niederfallen. —

Da die Atmosphäre nicht immer gleich stark von dem Monde und der Sonne angezogen und distrahirt wird, da die Stärke dieser Distraction periodisch abwechselnd zu- und wieder abnimmt, so kann jeder Uebergang der Atmosphäre aus einem Zustande in den andern eine Veränderung des Wetters zur Folge haben, zumal wenn die Dunstcapacität der Atmosphäre einem Extreme nahe gekommen ist, wenn z. B. die Luft entweder sehr viel Dünste enthält, gleichsam damit überladen ist, oder wenn sie im Gegentheil sich der Dünste in einem hohen Grade entledigt hat, so dass ihre Dunstcapacität sehr gross geworden ist. Demnach entsteht sehr leicht trübes Wetter, und bei günstiger Temperatur auch wohl Regen oder Schnee, wenn die Atmosphäre mit Dünsten sehr überhäuft ist, und nun das erste oder letzte Mondesviertel eintritt, und solches Wetter kann unter den angegebenen Verhältnissen auch bei Eintritt des Voll- oder Neumondes fortdauern. Wenn aber die Atmosphäre durch anhaltenden, häufigen Regen oder Schnee arm an Dünsten geworden ist, und nun Neu- oder Vollmond eintritt, so kann sehr leicht eine Veränderung des Wetters Statt finden; indem alsdann die Dünste der vorhandenen Wolken

durch die Luft leichter distrahirt und absorbirt werden, und demnach die Atmosphäre wieder hell und trocken erscheint. — Von diesem Gesichtspuncte ist der Einfluss des Mondes auf den Wechsel der Witterung zu untersuchen und zu beurtheilen. Demnach lässt sich auch der Zusammenhang erklären, welchen mehrere fleissige Beobachter zwischen der Witterung und dem Stande des Mondes beobachtet haben, wie z. B. *Flaugergues*, *Toaldo*, *Schübler* und Andere. Denn es ist nun sehr begreiflich, dass trockenes, heiteres Wetter zur Zeit des Neumondes nicht so oft in feuchte, trübe, regnerische Witterung übergeht, als umgekehrt diese in jene. Ebenso lässt es sich auch erklären, dass der Vollmond gewöhnlich einen günstigen Einfluss ausübt; und dass im Gegentheil das erste und letzte Viertel öfters einen ungünstigen Einfluss ausüben, dass namentlich zu diesen Zeiten feuchtes, trübes Wetter häufiger entsteht, und wenn es schon bestand, seltener in heitere, trockene Witterung übergeht, als dieses während des Neu- und Vollmondes geschieht. Der Mond kann auch während der Erdnähe günstiger für heiteres Wetter wirken, als während der Erdferne; ferner ist sein Einfluss auf unsere Gegenden (unter übrigens gleichen Verhältnissen) zur Zeit, wo er sich in der nördlichen Hemisphäre befindet, grösser als während der Zeit, wo er sich in der südlichen Hemisphäre aufhält. — Dass unter den erwähnten Umständen der zunehmende Einfluss des Mondes und die dadurch verstärkte Distraction der Atmosphäre nicht immer das etwa schon herrschende trübe, regnerische Wetter beseitigen könne, ist sehr begreiflich, wenn man erwägt, dass öfters die Wolken- und Regenbildung durch andere Momente sehr begünstigt wird, z. B. wenn die Luft mit Dünsten sehr überhäuft und die Temperatur verhältnissmässig sehr gering ist, oder wenn elektrische Gegensätze in der Atmosphäre eine Verdichtung und Ausscheidung der Dünste bewirken. Uebrigens ist der Einfluss des

Mondes auf die Atmosphäre und die Witterung gross genug, um bei einer aufmerksamen, hinreichend lange fortgesetzten Beobachtung deutlich erkannt zu werden. *Flaugergues* fand bei seinen achtzehnjährigen Beobachtungen die Anzahl der Regentage im Mittel bei dem Neumonde = 77, bei dem ersten Viertel = 82, beim Vollmonde = 79, beim letzten Viertel = 68, bei der Mondnähe = 78 und bei der Mondferne = 93. — Nach *Toaldo* hat der Mond den meisten Einfluss auf die Witterung und ändert sie am öftersten, wenn er sich in der Erdnähe befindet; seine Kraft, das Wetter zu ändern, nimmt ab in folgender Ordnung: Neumond nach der Erdnähe, Vollmond, Erdferne, die Quadraturen, die Aequinoctien und endlich die Lunistitien. Nach *Toaldo* verhält sich die Wahrscheinlichkeit, dass das Wetter sich ändern wird, zu der des Gegentheils, bei der Erdnähe wie 6 : 1, bei dem Neumonde nahe wie 6 : 1, beim Vollmonde wie 5 : 1, bei der Erdferne wie 4 : 1, bei dem ersten und letzten Viertel nahe wie 2 : 1, und bei den Aequinoctien wie 2 : 1. — Nach *Schübler* verhält sich die Wirksamkeit des Mondes, die Witterung zu ändern, beim Vollmonde und letzten Viertel wie 1000 : 823, in der Erdferne und Erdnähe wie 1000 : 588.

B. Einfluss der Temperatur auf die Dünste der Atmosphäre.

Der Einfluss, welchen die Temperatur auf die atmosphärische Luft und die in ihr verbreiteten Dünste auszuüben vermag, ist sehr bedeutend. Es ist bekannt, dass die in der Atmosphäre verbreiteten unsichtbaren Dünste, wenn sie ihre Wärme auf irgend eine Weise verlieren, wenn sie z. B. durch Winde aus wärmeren Gegenden in kältere geführt, oder durch die aus anderen Regionen herbeiströmende kältere Luft abgekühlt werden, sich sogleich verhältnissmässig verdichten, und dadurch Wolken oder Nebel, wie auch Regen und Schnee u. s. w. bilden können; und dass im Gegentheil sichtbare Dunstmassen,

d. h. Wolken und Nebel, wenn sie eine grössere Wärme erlangen, indem sie entweder einer stärkeren Einwirkung der Sonne ausgesetzt oder durch Winde in wärmere Regionen der Atmosphäre gebracht werden, sich nach und nach mehr ausbreiten, lockerer, leichter, durchsichtiger werden, und sich endlich ganz auflösen und verschwinden können. Der Einfluss der Temperaturwechsel auf die Dünste ist folgender Massen zu erklären. Wenn die Wärme beträchtlich abnimmt, so kann die Luft sich mehr zusammenziehen und verdichten, und demnach die Dünste weniger distrahirt halten. Die Dünste kommen also wegen Verdichtung der Luft näher zusammen, und können desshalb, wie auch wegen Abnahme der Wärme, sich gegenseitig stärker anziehen, und folglich auch noch mehr zusammenrücken und verdichten. Die Dünste können nun, gemäss ihrer grösseren Schwere, in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, und zugleich, wegen ihrer Dichtheit, die Luft feucht machen, so dass sie nun beträchtlich auf das Hygrometer einwirkt, was sie vorher nicht that; dieselben können ferner, wenn sie in ihrer Verdichtung fortfahren, sichtbare Dunstmassen, d. h. Wolken und Nebel bilden, auch wohl selbst in den Zustand der Tropfbarkeit zurückkehren, und demnach, gemäss ihrer grösseren Dichtheit und specifischen Schwere, sich von der Atmosphäre ausscheiden und zur Erde niederfallen. Wenn im Gegentheil die Wärme zunimmt, so wird die Luft mehr ausgedehnt, und zugleich werden auch die Dünste weiter ausgebreitet, und können demnach, gemäss ihrer grösseren Leichtigkeit, in höhere Schichten der Atmosphäre aufsteigen, und wegen ihrer geringeren Dichtheit die Luft nicht mehr feucht machen, so dass diese an Feuchtigkeit abnimmt und weniger auf das Hygrometer einwirkt, als vorher. Wenn etwa sichtbare Dünste, als Wolken oder Nebel vorhanden waren, so können sie sich unter den erwähnten Verhältnissen auflösen und zerstreuen, so dass die Atmosphäre wieder

klar und der Himmel heiter erscheint. Dieser Process ist aber nicht immer so einfach, sondern kann bei grossen Temperaturveränderungen beträchtlich modificirt werden, indem die Beschaffenheit und Veränderungen der Dünste nicht blos von der Temperatur, sondern auch von der Spannung und Contractivität der atmosphärischen Luft abhängen, und diese bei dem Wechsel der Tagszeiten manchfaltig modificirt werden. Es scheint daher zweckmässig, die verschiedenen Veränderungen in der Atmosphäre, wie sie bei dem Wechsel der Tagszeiten erfolgen, der Reihe nach etwas näher zu betrachten.

Wir haben bereits früher (S. 144—46.) gesehen, wie die verschiedenen Theile der Atmosphäre nach und nach der Einwirkung der Sonne ausgesetzt und wieder entzogen werden, und wie sie sich dabei abwechselnd ausbreiten und wieder zusammenziehen. Durch diese Veränderungen wird die Dunstcapacität der Atmosphäre beträchtlich modificirt, wie nun erklärt werden soll.

Wenn bei dem Aufgange der Sonne die mehr östlichen Theile und die obersten Schichten der Atmosphäre durch die Sonnenstrahlen erwärmt und expandirt werden, und also verhältnissmässig an Contractivität abnehmen, so können die mehr westlichen Theile und die unteren Schichten der Atmosphäre an dem Beobachtungsorte, welche noch nicht erwärmt sind, sich mehr zusammenziehen (S. 145.) und folglich auch die in ihnen befindlichen Dünste weniger distrahirt halten. Denn gleichwie die Dünste, welche in der distrahirten Luft unter der Glocke der Luftpumpe aus dem Wasser entstanden sind, sich bei der Zusammenziehung der Luft wieder verdichten, eine sichtbare Dunstmasse bilden und auf die innern Wände der Glasglocke tropfbar niederschlagen (S. 41.), so können auch die in der Atmosphäre verbreiteten Dünste sich mehr oder weniger verdichten, jenachdem die Luft sich mehr oder weniger zusammenzieht. Denn sobald die Luft sich verdichtet, so kommen die Dünste verhältniss-

mässig näher zusammen, können daher auch sich gegenseitig mehr anziehen und verdichten, gemäss ihrer Schwere tiefer senken, in den unteren Schichten der Atmosphäre mehr ansammeln und die Luft feucht machen, so dass sie auf das Hygrometer beträchtlich wirkt, was sie vorher nicht that. Die Dünste können sich hierbei so weit verdichten, dass sie sichtbare Dunstmassen, z. B. Nebel und Wolken bilden, und selbst in tropfbaren Zustand übergehen, z. B. als Thau oder Regen sich niederschlagen. Die Zunahme der Feuchtigkeit in den unteren Schichten der Atmosphäre mag vielleicht zum Theil auch daher kommen, dass die Dünste, welche bei heiterer, warmer Witterung sich auf eine beträchtliche Höhe über die Erdoberfläche erstrecken, bei der Einwirkung der Sonnenstrahlen nicht so schnell und so stark expandirt werden, als die Luft, worin sie schweben, und dass sie demnach, sobald die Luft beträchtlich expandirt und specifisch leichter wird, in die unteren Schichten der Atmosphäre heruntersinken, wo sie sich alsdann mehr verdichten, indem sie da in der dichteren, feuchteren Luft weniger distrahirt werden. — Aus diesen Gründen lässt es sich erklären, dass einige Stunden nach Sonnenaufgang die Luft feuchter erscheint, an Durchsichtigkeit verliert, und dass Dünste als Morgenthau niederfallen, oder dass im Herbste und Winter unter diesen Umständen oft eigentlicher Nebel entsteht, wie z. B. *Schübler* beobachtet hat. — Wenn späterhin die Sonne höher steigt und durch ihre Strahlen stärker einwirkt, so kann der Zustand der Atmosphäre auf zweierlei Weise verändert werden; indem die vorher verdichteten Dünste sich entweder wieder mehr ausbreiten, oder in ihrem Zustande verharren, auch wohl sich noch mehr verdichten. Wenn nämlich die Dünste in geringer Menge vorhanden, und bei der obwaltenden Temperatur und Beschaffenheit der Atmosphäre mehr zur Auflösung als zur Verdichtung geneigt sind, so werden sie durch die stärkere Einwirkung der

Sonnenstrahlen wieder mehr expandirt, können demnach, gemäss ihrer grösseren Leichtigkeit, in höhere Schichten der Atmosphäre aufsteigen, und sofort weiter distrahirt und absorbirt werden, so dass die Luft wieder lockerer und durchsichtiger erscheint. Wenn z. B. ein leichter Nebel vorhanden ist, so kann die zunehmende Einwirkung der Sonnenstrahlen denselben nach und nach mehr expandiren, so dass er lockerer und leichter wird, demnach in höhere Schichten der Atmosphäre aufsteigt, und sodann von der Luft noch weiter distrahirt und endlich ganz absorbirt wird. Ebenso können auch Wolken, durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen weiter expandirt und mithin lockerer und leichter werden, demnach in höhere Schichten der Atmosphäre aufsteigen, und daselbst von der Luft noch weiter distrahirt, und endlich ganz aufgelösst und absorbirt werden. Unter solchen Umständen kann die Atmosphäre nach und nach heller und durchsichtiger werden und ihre Feuchtigkeit verlieren, so dass sie auf das Hygrometer wenig oder gar nicht mehr einwirkt. — Wenn aber die Dünste in grosser Menge vorhanden, und mehr zur Verdichtung, als zur Auflösung geneigt sind, so können sie bei zunehmender Wärme sich noch mehr verdichten. Denn da die Sonne bei höherem Aufsteigen stärker einwirkt, und die Luft immer mehr expandirt und specifisch leichter macht, so kann sie die Dünste, (welche nicht so schnell und so stark expandirt werden), nicht mehr auf der bisherigen Höhe schwebend halten; diese müssen also in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, und dabei noch an Dichtheit und Schwere zunehmen, weil sie da von der dichteren, feuchteren Luft weniger distrahirt und absorbirt werden. Daher erklärt sich die Erscheinung, dass manchmal ein Nebel, welcher Morgens früh bald nach Sonnenaufgang hoch in den Lüften schwebte und die Sonne hell durchblicken liess, oder auch erst später, unter dem expandirenden Einflusse der Sonnenstrahlen, lockerer und durch-

sichtiger geworden und aus den unteren Luftschichten aufgestiegen war, in der Folge bei stärkerer Einwirkung der Sonne, z. B. gegen 9—10 bis 11 Uhr Vormittags wieder heruntersinkt und dichter wird, auch wohl selbst tropfbare Niederschläge bildet. Ebenso können auch Wolken, wenn die Luft durch die zunehmende Einwirkung der Sonnenstrahlen mehr expandirt und specifisch leichter wird, in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, und dabei an Dichtheit und Umfang zunehmen, indem sie von der dichteren, feuchteren Luft weniger distrahirt und zugleich auch durch einen Zusammenfluss von Dünsten, welche sich verdichten und mit ihnen vereinigen, nach und nach vergrössert werden. Selbst wenn auch keine Wolken vorhanden sind, so können die Dünste unter den obenerwähnten Verhältnissen in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, sich verdichten und Wolken bilden; und ist hiermit einmal der Anfang gemacht, so kann die Verdichtung um so leichter und schneller fortschreiten. Denn da nun die Wolken die Sonnenstrahlen weniger durchscheinen lassen und mehr nach oben zurückwerfen, so werden die unteren Schichten derselben und der Atmosphäre weniger erwärmt; bei dieser Temperaturverminderung können die Dünste sich noch mehr verdichten, und die Wolken an Dichtheit und Umfang zunehmen; je grösser und dichter die Wolkenmasse wird, desto mehr kann sie die Sonnenstrahlen zurückwerfen, desto geringer muss also die Temperatur in den darunter befindlichen Schichten der Atmosphäre werden, desto mehr muss also auch die Neigung der Dünste zur Verdichtung zunehmen. Indem also die Abnahme der Wärme und die Verdichtung und Vergrösserung der Wolken sich gegenseitig stufenweise befördern, können die Dünste den Himmel eine grosse Strecke weit ganz überziehen, und während einer kürzeren oder längeren Zeit gar nicht durchblicken lassen; ja sie können auch in der Verdichtung gleich so weit gehen, dass sie eine tropfbare Beschaffenheit annehmen und so

fort, gemäss ihrer grösseren specifischen Schwere, sich von der Atmosphäre ausscheiden und zur Erde fallen, und zwar entweder als Regen, oder, wenn das Wasser schon in der Luft gefriert, als Schnee oder Hagel. — Dieser ganze Verdichtungsprocess kann von Anfang bis zu Ende um so leichter und schneller erfolgen, 1) je grösser die Menge der vorhandenen Dünste ist, und 2) je schneller und bedeutender die Einwirkung der Sonne im Laufe des Tages zunimmt.

Gleichwie des Vormittags eine beträchtliche Veränderung in der Atmosphäre und der vorhandenen Dunst-, Nebel- oder Wolkenmasse eintritt, so kann auch des Nachmittags, wenn die Sonne gegen und unter den Horizont hinabsteigt, und die expandirende Wirkung ihrer Strahlen beträchtlich abnimmt, eine solche Statt finden. Da nämlich während des Absteigens der Sonne die Luft an dem Beobachtungsorte ihre Wärme schon verliert, während die mehr westlichen Theile der Atmosphäre von den Sonnenstrahlen noch erwärmt und expandirt werden (S. 145.), so kann sie sich zusammenziehen und verdichten, mithin auch die in ihr befindlichen Dünste weniger distrahirt halten. Die Dünste kommen also, gemäss der Verdichtung der Luft, näher an einander, und können desshalb, wie auch wegen Abnahme der Wärme, sich gegenseitig stärker anziehen, folglich auch noch mehr zusammenrücken und verdichten. Daher kömmt es, dass die Luft, welche Nachmittags am trockensten war, gegen Abend wieder anfängt feucht zu werden, dass in den unteren Schichten der Atmosphäre, besonders über Thälern, sichtbare Dunstmassen, und vorzüglich über Städten oft grosse Dunstwolken entstehen, dass sofort die Feuchtigkeit der Luft schnell zunimmt und der Abendthau fällt. Wenn die Dünste in grosser Menge vorhanden, und bei der obwaltenden Temperatur und Beschaffenheit der Atmosphäre zur Verdichtung sehr geneigt sind, so dass sie den Tag über nur durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen expandirt und schwebend

gehalten werden konnten, so können dieselben, sobald die Wärme bei niedersteigender Sonne beträchtlich abnimmt, sich nach und nach mehr verdichten und Wolken bilden. Diese können sofort, gemäss ihrer grösseren Schwere, in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, und dabei noch an Dichtheit und Schwere zunehmen, indem sie da von der dichteren, feuchteren Luft weniger distrahirt, und zugleich auch durch einen Zusammenfluss von Dünsten, welche sich verdichten und mit ihnen vereinigen, noch mehr vergrössert werden. Die Verdichtung der Dünste kann sich auf die Bildung von Wolken oder die Vergrösserung der bereits vorhandenen Wolkenmasse beschränken; sie kann aber auch gleich so weit gehen, dass dieselben durch ihre Vereinigung verschiedene Niederschläge, als Regen, Schnee oder Hagel bilden. Dieser Verdichtungsprocess kann schon frühe, d. h. selbst zur Zeit, wo die Sonne noch ziemlich hoch steht und die Wärme noch beträchtlich ist, eintreten, auch wohl rasch von Statten gehen, besonders wenn die Menge der vorhandenen Dünste sehr gross und die Elektricität in der Atmosphäre sehr stark ist, und auf die Ausscheidung der Dünste hinwirkt, wie es in den gemässigten Klimaten, namentlich zur Sommerszeit, nicht selten, und in der Aequatorialzone häufig geschieht. — Wenn späterhin die Sonne tiefer gesunken ist, und auch die westlich von dem Beobachtungsorte gelegenen Theile der Atmosphäre sich gemäss der Abnahme der Wärme zusammenziehen, so wird die Luft an dem Beobachtungsorte wieder allmählig distrahirt, und zwar so lang, bis sie denjenigen Grad von Spannung und Contractivität erreicht, welchen sie vor Aufgang der Sonne gehabt hatte (145—46.). Während dieses geschieht, kann die Beschaffenheit der Atmosphäre und der Dünste auf zweierlei Weise verändert werden. Wenn nämlich die Dünste in grosser Menge vorhanden, und wegen der herrschenden Temperatur oder aus irgend einer anderen

Ursache, sich noch mehr zu verdichten geneigt sind, so können sie die Verdichtung, welche schon vor Untergang der Sonne angefangen hatte, fortsetzen und sich demnach als Thau, Regen oder Schnee u. s. w. niederschlagen; so kann die Thaubildung, welche schon gegen Abend begann, während der ganzen Nacht bis zum Aufgange der Sonne fortdauern; ebenso dauert der Regen oder Schnee, welcher gegen Abend anfieng, öfters die ganze Nacht hindurch. — Wenn aber die Dünste in geringer Menge vorhanden, und wegen der obwaltenden Temperatur und Beschaffenheit der Atmosphäre nicht sowohl zur Verdichtung, als vielmehr zur Ausbreitung geneigt sind, so können die vorhandenen Dunstmassen von der Luft nach und nach wieder mehr distrahirt und sofort grossen Theils, oder auch wohl gänzlich aufgelösst und absorbirt werden, so dass die Atmosphäre wieder ganz heiter erscheint und so die ganze Nacht hindurch bleibt, wie es in den gemässigten Klimaten nicht selten und in den Tropengegenden, selbst während der Regenzeit, gewöhnlich geschieht.

Aus dem Ganzen erhellet also, dass täglich zwei kritische Perioden in der Atmosphäre Statt finden, nämlich eine des Vormittags, und die andere des Nachmittags, wobei die Veränderungen der Luft so beträchtlich sind, dass sie den Stand des Barometers modificiren, und abwechselnd ein Steigen und Sinken desselben verursachen können, wie wir bereits früher (S. 147—49.) gesehen haben. Der Zeitraum, wo diese Veränderungen eintreten, wie auch ihre Stärke, ist nicht in allen Graden der geographischen Breite, auch nicht zu allen Jahrszeiten gleich. In der Aequatorialzone sind die erwähnten Veränderungen am grössten, so dass ihr Einfluss am regelmässigsten und deutlichsten hervortritt; auch erscheint daselbst die erste Krisis des Vormittags früher, und die zweite des Nachmittags später, als es in den höheren Breitegraden der Fall ist. Der grosse Einfluss dieser Krisen äussert sich

besonders deutlich bei den Niederschlägen, welche in den Tropengegenden regelmässig periodisch wiederkehren. Da in der Aequatorialzone die Verdunstung wegen der grossen Hitze ausserordentlich stark ist, so häufen sich die Dünste daselbst, besonders da, wo die Sonne im Zenith steht, dermassen an, dass sie in den oberen, dünneren Luftschichten nicht mehr schwebend bleiben können, sondern sich gegen Mittag tiefer herabsenken, noch mehr verdichten, schwere Wolken und häufigen Regen bilden. Späterhin, wenn eine grosse Menge von Dünsten sich von der Atmosphäre ausgeschieden, und die Luft bei niedersteigender Sonne an Wärme beträchtlich abgenommen, und dagegen an Contractivität zugenommen hat, so werden die Wolken allmählig wieder distrahirt, mithin auch lockerer und leichter, folglich in höhere Schichten der Atmosphäre erhoben, und sofort gänzlich aufgelösst und absorbirt, so dass der Himmel noch vor Untergang der Sonne wieder heiter erscheint. Wo zwischen den Wendekreisen der Passatwind mit der grössten Stärke und Regelmässigkeit weht, da regnet es nicht; weil der Wind die Bildung der Wolken und des Regens nicht zulässt. In der Region der Calmen (région des calmes der Franzosen) aber, d. h. in dem zwischen dem Nordost- und Südostpassate befindlichen Gürtel, wo keine regelmässigen Winde herrschen, und öfters Windstille Statt findet, gibt es häufig Regen. Die Sonne geht hier meistens heiter auf, gegen Mittag zeigen sich einzelne Wolken, welche schnell an Umfang zunehmen, unter gewaltigen elektrischen Ausbrüchen und heftigen Windstössen eine grosse Menge Regen ergiessen und gegen Abend sich wieder auflösen, so dass die Sonne meistens bei heiterem Himmel untergeht. Dieser Process wiederholt sich fast täglich, und liefert jedes Mal eine grosse Menge Regen: so z. B. fand *Tuckey* am 12. Mai 1816 in 2° 30′ N., dass während einer Zeit von drei Stunden 3″ 1‴ Wasser auf sein Schiff fiel*). Dasselbe

*) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. I. S. 422.

Phänomen zeigt sich auch in Südamerika in der Nähe des Aequators, und überhaupt da, wo zwischen den Wendekreisen die Passate nicht mit grösster Regelmässigkeit wehen, und wo es in einem Theile des Jahres regnet, in dem andern dagegen trocken ist. Nach der Angabe eines unbekannten Holländers beobachtet man in Surinam Folgendes: In der feuchten Jahrszeit beginnt der Regen anfänglich zwischen 9^h und 10^h Morgens und dauert bis 3^h oder 4^h Abends; späterhin beginnt er gegen 11^h oder Mittag, nachher gegen 1^h oder 2^h und zuletzt gegen 3^h oder 4^h, worauf er endlich ganz aufhört. Sehr selten regnet es zur Nachtzeit, und bei Sonnenaufgang ist die Luft das ganze Jahr hindurch hell *). — Dass der Regen hier selbst durch die grosse Hitze verursacht werde, d. h. dass dadurch eine so ungeheure Menge von Dünsten erzeugt werde, dass dieselben nicht mehr in der Luft aufgelösst und schwebend bleiben können, dafür spricht die Erscheinung: dass die Regenzeit mit der Sonne fortrückt, dass jene Gegenden, in deren Zenith die Sonne jährlich nur ein Mal kömmt, nur eine nasse Jahrszeit haben; dahingegen an denjenigen Orten, welche in der Nähe des Aequators liegen, und durch deren Zenith die Sonne jährlich zwei Mal geht, zwei nasse Jahrszeiten Statt finden, welche durch eine trockene Jahrszeit oder doch durch eine weniger regnerische Witterung von einander geschieden sind; ferner, dass im Allgemeinen in jenen Gegenden, wo die Sonne im Zenith steht, die Niederschläge zu früheren Stunden des Tages und in grösserer Menge eintreten, und dass dieselben in der folgenden Zeit, wenn die Sonne sich wieder vom Zenith entfernt, in späteren Stunden und in geringerer Menge erscheinen. In jenen Gegenden, wo die Atmosphäre sich nicht schon im Laufe des Tages einer grossen Menge von Dünsten entladet, da erfolgt ein Niederschlag bei Einbruch der Nacht, indem entweder ein starker Thau

*) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. I. S. 424.

fällt oder selbst ein wirklicher Regen Statt findet, wofern die Gegenden Wasser genug haben, um eine hinreichende Menge Dünste liefern zu können. Hierher gehört z. B. die Erscheinung, welche *Leblond* und *Lavayssé* beobachtet haben, nämlich: dass auf manchen Spitzen hoher Berge unter der heissen Zone fast regelmässig bei einbrechender Nacht, ein kurz dauernder Regen falle. Die Regenperiode erscheint ausserhalb der Wendekreise in den angrenzenden Gegenden weniger deutlich und regelmässig, und verschwindet in höheren Breitegegenden allmählig, ungefähr in dem Masse, wie die Stärke und Dauer der Sonnenhitze und mithin auch die Verdunstung abnimmt. Ueberhaupt nimmt die Stärke und Bedeutung der beiden oben erwähnten kritischen Perioden, von dem Aequator an gegen die Pole hin allmählig ab, auch werden dieselben verhältnissmässig näher an einander gerückt. Die Zeit des Eintrittes, wie auch der Einfluss der kritischen Perioden, bleiben in den mittleren und höheren Breitegraden sich nicht immer gleich, sondern ändern sich zu verschiedenen Jahrszeiten, und zwar in dem Masse, wie die Dauer und Stärke des Sonneneinflusses zu- und wieder abnehmen. Während des Sommers ist die Bedeutung der Krisen, wie auch die Zwischenzeit von einer zur anderen grösser, so dass die erste des Vormittags früher und die zweite des Nachmittags später eintritt, und dass auch die Wirkungen derselben stärker und deutlicher erscheinen; dahingegen während des Winters die Krisen überhaupt viel schwächer und undeutlicher sind, des Vormittags später und des Nachmittags früher eintreten, so dass die erste und die zweite Krise der Mittagszeit um 2 bis 3 Stunden näher rücken, und manchmal fast zu einer einzigen Krise zusammenfliessen.

Nachdem wir die zwei Hauptmomente, welche zur Aufnahme der Dünste in die Atmosphäre, wie auch zur Ausscheidung derselben wesentlich beitragen, kennen gelernt haben, wollen wir noch die Entstehung der Nebel, des

Thaues, der Wolken und des Regens etwas näher betrachten, und später erst den Einfluss der Elektricität auf die Dünste der Atmosphäre, wie auch die Entstehung der Gewitter und des Hagels untersuchen.

Entstehung der Nebel. Wir haben bereits früher (S. 220—21.) gesehen, dass die in der Atmosphäre verbreiteten Dünste sich verdichten und Nebel bilden können, wenn die Luft selbst sich zusammenzieht und verdichtet. Daher entsteht die dünne, leichte Nebelschichte, womit diejenigen Gegenden, wo es vorzüglich stark thaut, z. B. feuchte Wiesen u. dgl., Abends und Morgens häufig überzogen sind. Es entstehen aber auch sehr häufig Nebel dadurch, dass die von der Erdoberfläche aufsteigenden Dünste sogleich von den kälteren Luftschichten, womit sie in Berührung kommen, abgekühlt, verdichtet und mithin in eine sichtbare Dunstmasse, Nebel, verwandelt werden, ebenso wie die mit der ausgeathmeten Luft dem thierischen Organismus entströmenden Dünste in der kälteren Atmosphäre, während der kalten Jahrszeit abgekühlt, verdichtet, und in Dampfgestalt sichtbar werden. Die letzte Entstehungsart findet vorzüglich da Statt, wo bei und nach dem Untergange der Sonne die Erdoberfläche noch warm ist, während die Luft sich schon beträchtlich abgekühlt hat, wie es vorzüglich im Frühling und Herbste der Fall ist. Dass der Boden oder das Wasser, über welchem der Nebel sich zeigt, wirklich eine höhere Temperatur besitzt, als die in einiger Entfernung davon befindliche Luft, ist durch viele Untersuchungen von *Harvey*, *De Luc*, *H. Davy*, *Kämtz* *) u. A. erwiesen. Der Nebel entsteht überhaupt um so häufiger: 1) je grösser die Menge der vorhandenen Dünste ist, und 2) je mehr die Luft abgekühlt wird; weil dann eine verhältnissmässig geringere Menge Dünste in der Luft (distrahirt und absorbirt) aufgelösst und unsichtbar sein kann, und demnach eine desto grössere Menge in einem freien, verdichteten Zustande

*) Meteorologie von *Kämtz*. Bd. I. S. 567 — 70.

erscheinen muss. Daher findet sich der Nebel (unter übrigens gleichen Verhältnissen) am häufigsten in wasserreichen Gegenden, z. B. auf feuchten Wiesen, bei starken Wasserfällen, an Flüssen und Seeküsten; dahingegen sie in wasserarmen Gegenden selten sind, und in den trockenen Ebenen Asiens und Afrikas fast ganz fehlen. Dass nebst der starken Verdunstung auch die Abkühlung der Luft sehr viel zur Bildung der Nebel beiträgt, erhellet daraus, dass die Nebel im Frühling und Herbste viel häufiger als im Sommer, und auf den Polarmeeren viel häufiger als in niederen Breitegraden erscheinen, und dass sie in den höheren, kälteren Regionen der Atmosphäre, z. B. auf Gebirgen, viel häufiger entstehen, als in den tieferen, wärmeren Luftschichten auf den Ebenen. Jedoch verdienen die in den höheren Regionen der Atmosphäre erscheinenden Nebel eigentlich Wolken genannt zu werden. Die Nebel können durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen nach und nach wieder expandirt und aufgelösst werden, und zwar auf zweifache Weise. Wenn nämlich der Nebel sehr dicht ist und die Sonne nicht durchscheinen lässt, so erfolgt die Expansion und Auflösung vorzüglich in den obersten Schichten desselben, und schreitet so von oben nach unten fort, so dass zuerst die in der Höhe befindlichen Gegenstände, z. B. die Spitzen der Berge, Thürme, Bäume u. s. w., und nachher die unteren Theile derselben deutlich sichtbar werden. Wenn aber der Nebel locker und dünn ist, so dass die Sonnenstrahlen leicht durchdringen, so erfolgt die Expansion und Auflösung vorzüglich in den untersten Schichten desselben in der Nähe der Erdoberfläche, weil da die Wärme am grössten ist, und schreitet sodann von unten nach oben fort. Sobald der Nebel mehr expandirt, lockerer und leichter wird, so steigt er in die Höhe, und wird dann immer mehr expandirt und distrahirt, bis er endlich ganz verschwindet; und unter diesen Verhältnissen werden zuerst die unteren, und nach und nach auch die oberen Schichten der Atmosphäre hell und durchsichtig.

Entstehung des Thaues. Der Thau ist derjenige Niederschlag, welcher sich meistens gegen Abend und während der Nacht, auch wohl des Morgens früh an der Oberfläche der Erde und vorzüglich an Pflanzen ansetzt, und zwar bei geringer Menge blos als Feuchtigkeit, und bei grösserer Menge in kleineren oder grösseren Tropfen erscheint. Der Thau kann auf verschiedene Weise und aus verschiedenen Ursachen entstehen. Gewöhnlich entsteht er dadurch, dass die in der Luft verbreiteten unsichtbaren Dünste sich verdichten, gemäss ihrer Schwere in tiefere Schichten der Atmosphäre heruntersinken, sodann von kälteren Körpern, womit sie an der Erdoberfläche in Berührung kommen, abgekühlt, und somit in den Zustand der Tropfbarkeit versetzt werden. Die erste Verdichtung der Dünste wird ursprünglich und wesentlich durch eine Zusammenziehung der atmosphärischen Luft bedingt; denn wenn die Luft sich zusammenzieht, so kommen auch die in ihr verbreiteten Dünste näher zusammen, können demnach sich stärker einander anziehen und folglich auch verdichten. Die Luft kann sich zusammenziehen, wenn ihre Contractivität absolut oder auch nur relativ stärker wird; so kann z. B. die Contractivität einer Luftmasse relativ stärker werden, wenn in der Umgegend die Luft an Contractivität wirklich abnimmt, wie es z. B. des Morgens bei Sonnenaufgang (S. 145.) geschieht. Die Contractivität der Luft wird absolut stärker, wenn ihre Wärme abnimmt, wie es z. B. gegen Abend und während der Nacht geschieht. Da also die Luft sich in den erwähnten Perioden zusammenzieht, so kann auch in ihnen vorzüglich die Bildung des Thaues Statt finden. Der Thau entsteht meistens gegen Abend und während der Nacht, weil alsdann die Dünste nicht nur wegen der Verdichtung der Luft näher zusammenkommen, sondern auch beträchtlich abgekühlt werden, und daher sich gegenseitig stärker anziehen, und folglich auch eher mit einander vereinigen und verdichten, und demnach in tiefere

Schichten der Atmosphäre heruntersinken können. Diese verdichteten Dünste werden sodann, wenn sie mit kälteren Körpern an der Erdoberfläche in Berührung kommen, vollends abgekühlt, in den Zustand der Tropfbarkeit versetzt und also in Thau verwandelt. Die Abkühlung des Erdbodens und der auf ihm befindlichen Körper beruht darauf, dass dieselben die Wärme, welche sie durch die Einwirkung der Sonne erlangt haben, gegen Abend und während der Nacht gegen die höheren kälteren Regionen der Atmosphäre bei freiem, heiterem Himmel ausstrahlen, wie zuerst *Wells* gezeigt hat. Bei bewölktem Himmel ist diese Ausstrahlung der Wärme vermindert, und daher auch die Thaubildung geringer. Windige Nächte sind auch für die Thaubildung ungünstig: 1) weil die Dünste nicht gehörig Zeit haben sich abzukühlen und auf die andern Körper niederzuschlagen; 2) weil selbst der angesetzte Thau durch den Wind wieder aufgezehrt werden kann (S. 214.); 3) weil die bewegte Luft den Körpern, besonders wenn sie gute Wärmeleiter sind, den durch die Ausstrahlung verlorenen Wärmestoff wieder ersetzen. Einzelne Körper können um so mehr Thau bilden: 1) je kälter sie sind, und 2) je mehr Berührungspuncte sie den Dünsten darbieten, d. h. je grösser, rauher ihre Oberfläche ist.

Uebrigens entsteht der Thau um so leichter und häufiger, je grösser die Menge der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste ist, und je mehr die Luft sich zusammenzieht; weil die Dünste alsdann um so häufiger und näher zusammenkommen, und folglich auch sich um so mehr anziehen und verdichten können. Daher entsteht der Thau vorzüglich häufig da, wo die Verdunstung sehr stark ist, z. B. in den Küstengegenden warmer Klimate, hingegen selten oder in geringer Menge auf wasserlosen Ebenen im Innern der Continente; eben desswegen entsteht er häufig in der warmen Jahrszeit, namentlich vom Ende des Aprils bis zur Mitte des Septembers, dahingegen er

während der kälteren Jahrszeit in geringer Menge erscheint. — Da bei der eben beschriebenen Thaubildung die Dünste aus den höheren Schichten der Atmosphäre niedersinken, so ist es begreiflich, dass die Körper meistens nur an ihrer oberen Fläche mit Thau bedeckt werden, und dass diejenigen Körper, welche unter irgend einer Decke gegen die niederfallenden Dünste geschützt sind, wenig oder gar keinen Thau bilden. Der Thau entsteht jedoch nicht blos aus denjenigen Dünsten, welche aus den höheren Schichten der Atmosphäre niedersinken, sondern zum Theil auch aus jenen, welche von der Erdoberfläche aufsteigen, und auf diesem Wege mit kälteren Gegenständen in Berührung kommen, wodurch sie abgekühlt und niedergeschlagen werden, auf eine ähnliche Weise, wie der Hauch, sich an kalten Fensterscheiben ansetzt. Eine solche Thaubildung geschieht vorzüglich gegen Abend und während der Nacht, wenn die Erde von der Einwirkung der Sonne noch warm ist, die über dieselben hervorragenden Gegenstände aber schon beträchtlich abgekühlt sind. Unter solchen Umständen geschieht es vorzüglich, dass die unteren, dem Erdboden zugewendeten Flächen der Körper bethaut werden. —

Bildung des Reifes. Wenn die Dünste an den Körpern, worauf sie sich absetzen, gefrieren, so bilden sie den Reif, welcher in seiner Form verschieden erscheint, jenachdem die Dünste, gleich bei dem Niederschlage, oder erst nachdem sie sich in Tropfen gesammelt haben, zu Eis erstarren.

Entstehung der Wolken. Die Wolken entstehen ebenso wie die Nebel nur dann, wenn die in der Atmosphäre verbreiteten Dünste sich gegenseitig stärker anziehen, als sie von der Luft angezogen werden. Dieses findet Statt, wenn die Dünste in solcher Menge vorhanden sind, dass sie bei der obwaltenden Temperatur und Beschaffenheit der Atmosphäre nicht alle in der Luft (distrahirt und absorbirt) aufgelösst bleiben können. Da nun die Dunst-Capacität der Atmosphäre mit ihrer Distraction

und Temperatur zu- und abnimmt, so muss immer eine grössere oder geringere Quantität Dünste von der Luft frei gelassen werden, wenn ihre Distraction oder Temperatur mehr oder weniger abnimmt. Die Dünste können besonders unter folgenden Bedingungen sich gegenseitig stärker anziehen und von der Luft abscheiden: 1) wenn sie sich in einer zu grossen Menge angesammelt haben, wie es bei heiterer Witterung und grosser Hitze leicht geschehen kann; 2) wenn die Luft wegen abnehmender Distraction sich mehr zusammenzieht; 3) wenn die Temperatur der Luft, entweder wegen mangelnder Einwirkung der Sonne, oder wegen Zufluss und Beimischung von kälterer Lufmasse, abnimmt. Wenn nun die Dunsttheilchen, welche in den höheren Regionen der Atmosphäre sehr ausgebreitet und unsichtbar sind, sich gegenseitig stärker anziehen, als sie von der Luft angezogen werden, so rücken sie näher zusammen, vereinigen und verdichten sich, bilden dadurch sichtbare Dunstmassen oder Wolken, und sinken dabei, gemäss ihrer Verdichtung, in tiefere Schichten der Atmosphäre herunter, bis sie in eine Luft kommen, welche gemäss ihrer Dichtheit und specifischen Schwere dieselben zu tragen, d. h. schwebend zu halten vermag. Die Wolken, welche anfangs nur dünn und weit ausgebreitet sind, ziehen sich nach und nach mehr zusammen und bilden sofort grössere und dichtere Massen, welche fortwährend an Dichtheit und Umfang zunehmen, indem sie sich mehr zusammenziehen, und dabei noch immer mehr Dünste aus der Luft anziehen, verdichten und mit sich vereinigen. Wenn zwei oder mehrere Wolkenmassen einander nahe kommen, so dass sie durch Anziehung gegenseitig auf einander wirken können, so rücken sie allmählig immer näher zusammen, und zwar in der Art, dass die kleineren sich schneller bewegen, als die grösseren. Wenn ein Gebirg vorhanden ist, so bilden und sammeln sich daran die Wolkenmassen häufiger, als anderswo, und zwar aus dem

Grunde, weil die Dünste von den in die Atmosphäre emporragenden Bergen stark angezogen, und zugleich auch beträchtlich abgekühlt werden. —

Bildung der Regentropfen. Wenn die in den Wolken angesammelten Dünste sich noch mehr verdichten, so können sie durch ihre Vereinigung Tropfen bilden, welche sodann nicht mehr in der Atmosphäre schwebend bleiben, sondern gemäss ihrer Grösse und Schwere zur Erde fallen. Wenn die Verdichtung und Vereinigung der Dünste sehr langsam geschieht, so erscheinen die Tropfen nur sehr klein, wie es z. B. bei dem fallenden Thau und dem sogenannten Nassniedergehen der Fall ist. Wenn aber die Verdichtung und Vereinigung der Dünste schneller von Statten geht, so werden die Tropfen grösser, wie es z. B. bei einem gewöhnlichen Regen beobachtet wird. Die Tropfen erscheinen um so häufiger und grösser, je mehr Dünste sich zu gleicher Zeit verdichten und vereinigen, und je schneller dieser Process erfolgt, wozu die Wirkung der Elektricität viel beitragen kann, wie später noch gezeigt werden soll. Daher sind die Tropfen bei Gewittern und andern gewitterartigen Platzregen gewöhnlich häufiger und grösser, als bei einem andern Regen, namentlich bei einem sogenannten Landregen. In den tieferen Schichten der Atmosphäre erfolgt die Verdichtung der Dünste und die Bildung des Regens gewöhnlich stärker, als in den höheren Schichten, und zwar in der Art, dass in beträchtlicher Höhe, z. B. auf dem Gipfel eines Berges, nur Nebel (Wolkenmasse) oder ein feiner Staubregen Statt findet, während in der Mitte oder am Fusse des Berges der Nebel viel dichter und der Regen stärker ist. Auch findet man die Menge des herabfallenden Regens an dem Erdboden beträchtlich grösser, als auf dem Dache eines Hauses oder auf der Höhe eines Thurmes, wie aus häufigen Beobachtungen erkannt, und durch vieljährige genaue Messungen in Paris bestättigt worden ist; indem daselbst zwei Regenmasse, das eine im Hofe der Stern-

warte, 3 Meter über dem Boden und das andere 28 Meter höher auf der Terrasse, mit einander verglichen worden sind. — Diese Erscheinung ist folgender Massen zu erklären. Bei dem Regnen können die Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre sich nicht nur häufiger, d. h. in grösserer Menge von der Luft ausscheiden, sondern auch sich mehr verdichten, weil die unteren, dichteren Luftschichten viel mehr Dünste enthalten, und dieselben auch nicht in so hohem Grade distrahirt und fein zertheilt halten, als die oberen, dünneren Luftschichten; ferner, weil bei der Verdichtung die Dünste immer tiefer heruntersinken, und weil die herabfallenden Tropfen allmählig grösser werden. Die Tropfen können sehr gross werden, wenn sie von einer sehr beträchtlichen Höhe durch sehr dunstreiche Luft herunterfallen; indem sie während des Fallens noch viele Dünste, womit sie in Berührung kommen, abkühlen, zu Wasser verdichten und mit sich vereinigen. Auch können selbst mehrere Regentropfen während des Fallens zusammentreffen und sich mit einander vereinigen, wenn z. B. grössere Tropfen wegen ihres schnelleren Falles kleinere Tropfen unterwegs einholen, oder wenn kleinere Tropfen wegen ihrer leichteren Beweglichkeit durch den Wind seitwärts gegen grössere Tropfen hingetrieben werden. Aus diesen Gründen sind die Tropfen, welche in beträchtlichen Höhen, z. B. auf Gebirgen niederfallen, merklich kleiner, als die in der Tiefe z. B. im Thal niederfallenden Tropfen. Daher kömmt es auch, dass die Regentropfen in den Tropengegenden gewöhnlich viel grösser sind, als in höheren Breitegraden; indem dort, wegen der grösseren Wärme, die Verdunstung viel stärker ist, und die Dünste viel mehr expandirt und höher in der Atmosphäre erhoben werden, so dass bei eintretendem Regenwetter viel mehr Dünste sich auf einmal verdichten, und die Regentropfen, während sie von einer sehr beträchtlichen Höhe durch eine sehr dunstreiche Luft herab-

fallen, sich viel vergrössern können. Wenn die Verdichtung der Dünste bei grosser Kälte, z. B. in kalten Gegenden oder zu einer kalten Jahrszeit geschieht, so gefriert das aus den verdichteten Dünsten entstandene Wasser zu Eis, und dann wird der Regen in Schnee verwandelt, wobei die Bildung der schönen, feinen Eiskrystalle vorzüglich durch den Einfluss der Elektricität bedingt wird.

Die Entstehung der Hagelkörner wird aber nicht so wie der Schnee durch die Kälte der umgebenden Luft wesentlich bedingt, sondern hauptsächlich durch den starken Einfluss der Elektricität verursacht, wie bei der Betrachtung der Gewitter noch näher gezeigt werden soll.

C. Einfluss der Elektricität auf die Dünste der Atmosphäre.

Die Elektricität kann sowohl die Aufnahme der Dünste in die Atmosphäre, als auch die Ausscheidung derselben und die Bildung von Niederschlägen befördern. Denn da die Elektricität sowohl die gegenseitige Anziehung und Vereinigung verschiedener Materien, wie auch eine Trennung derselben bewirken kann, so ist es begreiflich, dass die Aufnahme der Dünste in die atmosphärische Luft um so leichter und häufiger geschehen könne, je stärker der elektrische Gegensatz, und somit die gegenseitige Anziehung zwischen beiden Materien ist; und dass im Gegentheil dieselben auch sich um so leichter und schneller von einander scheiden können, wenn sie sich gegenseitig wenig oder gar nicht mehr anziehen, wenn z. B. die Dünste sich einander stärker anziehen, als sie von der Luft angezogen werden, was vorzüglich dann Statt findet, wenn die Luft mit Dünsten sehr überladen, und zwischen verschiedenen Dunsttheilchen oder Dunstmassen ein elektrischer Gegensatz eingetreten ist, wie es z. B. bei heftigem Platzregen und namentlich bei Gewittern öfters der Fall ist, und in der Folge noch näher gezeigt werden soll. — Bevor wir aber zu dieser Betrachtung selbst übergehen, dürfte es zweckmässig sein, die Elektricität der Atmosphäre,

d. h. den Ursprung, wie auch die periodische Zu- und Abnahme derselben kennen zu lernen.

Elektricität der Atmosphäre.

Bei näherer Betrachtung der Elektricität der Atmosphäre ist wohl zu unterscheiden, zwischen der Elektricität der Luft im strengen Sinne des Wortes, und der Elektricität der in derselben befindlichen Dünste, des Nebels, der Wolken und ihrer Niederschläge. Nur bei einer solchen Unterscheidung lassen sich die verschiedenen Erscheinungen erklären, welche man bei der Untersuchung der Elektricität der Atmosphäre öfters wahrnimmt. Die Elektricität der Dünste, der Nebel und Wolken ist gewöhnlich viel stärker, als die der Luft, weil dieselben grösstentheils aus Wasser bestehen, und daher die elektrische Materie viel stärker anziehen, als die Luft. Die Dünste, Nebel und Wolken können also, vermöge ihrer Elektricität, den elektrischen Zustand der Luft beträchtlich modificiren, und dieser muss demnach verschieden erscheinen, je nachdem Dünste, Nebel, Wolken vorhanden sind oder nicht, und jenachdem solche mehr oder weniger positiv oder negativ elektrisch sind. Da die Atmosphäre beständig eine grosse Menge Dünste enthält, so lässt sich die Elektricität derselben nicht immer von jener der Luft unterscheiden, daher kann man beide bei der Untersuchung der Luftelektricität für gleichbedeutend halten, und nur da einen Unterschied machen, wo sichtbare Dunstmassen, z. B. Wolken oder Nebel, vorhanden sind und einen beträchtlichen Einfluss auf das Elektrometer ausüben. —

Alle Beobachtungen, namentlich die von *Saussure*, *Schübler*, *Crosse*, *Beccaria*, *Read*, *Gersdorf* und Anderen, stimmen mit einander darin überein, dass die Elektricität der Atmosphäre bei heiterer Witterung immer positiv ist, und regelmässig abwechselnd zu- und abnimmt. Wenn sich aber Wolken bilden, oder gar Niederschläge, wie z. B. Regen oder Hagel entstehen, so bemerkt man viele

Abweichungen, und die Luftelektricität wird dann zuweilen selbst negativ.

Ursprung der Luftelcktricität. Die Hauptqnelle der Luftelektricität ist, wie mir scheint, der auf der Sonne Statt findende Verbrennungsprocess, wodurch nebst Wärme und Licht auch die elektrische Materie entwickelt und mittelst der Sonnenstrahlen uns zugesendet wird. Die Atmosphäre bekömmt ihre Elektricität theils unmittelbar durch die Sonnenstrahlen, grösstentheils aber mittelbar von der Erde, indem von dieser elektrische Materie sowohl mit der strahlenden Wärme ausströmt, als auch durch die aufsteigenden Dünste fortgeführt wird. Im Gegentheil gibt die Atmosphäre auch wieder elektrische Materie an die Erde ab, indem diese als besserer Leiter sie der Luft nach und nach entzieht, wie auch vermittelst der atmosphärischen Niederschläge zugeführt bekömmt. Hieraus erklärt sich die Erscheinung, dass die Elektricität der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre an der Erdoberfläche am geringsten ist, und in den oberen Schichten an Stärke um so mehr zunimmt, je höher man aufsteigt. — Da die Atmosphäre ihre elektrische Materie meistens durch den Einfluss der Sonne bekömmt, so ist es natürlich, dass die Electricität der Atmosphäre am stärksten erscheint, wo die Sonnenstrahlen am meisten darauf einwirken, dass sie z. B. in der Aequatorialzone am stärksten ist, und von da an mit zunehmender Breite allmählig abnimmt, und in den kalten Zonen am geringsten erscheint, ferner dass dieselbe zu verschiedenen Jahrszeiten verschieden, z. B. im Sommer am stärksten und im Winter am schwächten ist, wie es besonders aus der Menge und Stärke der Gewitter deutlich erhellet. Man möchte mir vielleicht den Einwurf machen, dass das sogenannte Polar- (Nord- oder Süd-) Licht höchst wahrscheinlich elektrischen Ursprunges sei, und mithin gegen die eben aufgestellte Theorie zu sprechen scheine. Hierauf ist aber zu erwiedern, dass die fragliche

Erscheinung sich recht gut mit dieser Theorie in Einklang bringen lässt. Die Erde erhält nämlich durch den Einfluss der Sonnenstrahlen, eine grosse Menge elektrischer Materie, und wird somit gleichsam geladen; in den heissen und gemässigten Zonen wird dieselbe aber durch die vielen Dünste, welche beständig in die Atmosphäre aufsteigen, fortwährend wieder entladen; während in den kalten Polargegenden, wo die Verdunstung sehr gering ist, die elektrische Materie sich beträchtlich anhäuft, und daher von Zeit zu Zeit frei ausströmen kann, wenn die äusseren Verhältnisse für diese Ausströmung günstig sind. Für diese Theorie spricht noch die Erscheinung, dass das Nordlicht gerade in der kalten Jahrszeit, wo die Verdunstung am geringsten ist, am häufigsten und stärksten erscheint. Die elektrische Materie kann also an den Polen der Erde, wenn sie sich daselbst beträchtlich angehäuft hat, entweder in wiederholten blitzähnlichen Schlägen entladen, oder auch frei ausströmen, wie sie auch an den Spitzen leitender Körper, welche durch Kunst, vermittelst der Elektrisirmaschine, oder durch die Natur, vermittelst einer stark elektrischen Atmosphäre, stark elektrisirt worden sind, frei und sichtbar ausströmt, wie es z. B. an den Spitzen der Blitzableiter, der Mastbäume, der Thürme u. s. w. bei stark elektrischer Atmosphäre, besonders nach Gewittern öfters geschieht.

Verschiedenheit der Luftelektricität zu verschiedenen Tagszeiten. Die Stärke der Elektricität bleibt sich nicht zu allen Tagszeiten gleich, sondern sie nimmt periodisch abwechselnd zu und wieder ab. — An trockenen und heissen Tagen, und wenn die Erde auch schon in Folge der vorausgegangenen Witterung ausgetrocknet war, fand *Saussure* die Elektricität vom Aufgange der Sonne an, wo sie fast unmerklich war, nach und nach zunehmen, bis um 3 oder 4 Uhr Nachmittags, wo sie ihre grösste Stärke erreichte; hierauf nahm sie allmählig wieder ab,

bis zu der Zeit, wo der Thau fiel, wuchs dann wieder etwas, und verminderte sich nachher immer mehr, so dass sie endlich in der Nacht beinahe ganz verschwand. Die täglichen Maxima und Minima der Elektricität bleiben sich nicht in allen Jahrszeiten, auch nicht in einer und derselben Jahrszeit stets gleich, finden auch nicht immer in den nämlichen Perioden Statt, sondern zeigen hierin öfters eine beträchtliche Verschiedenheit; und daher kömmt es, dass die Beobachtungen verschiedener Naturforscher nicht immer mit einander übereinstimmen. *Saussure* sagt: «Es schien mir, dass im Winter, in welcher Jahrszeit ich die Elektricität der hellen Luft am besten beobachtet habe, dieselbe von der Stunde an, wo der (Abend-) Thau sein Fallen ganz geendigt hat, bis zum Aufgang der Sonne am schwächsten sei, worauf ihre Stärke stufenweise wieder zunimmt, und früher oder später, fast immer aber vor Mittag bis zu einem gewissen höchsten Puncte gelangt, welcher aber wieder schwächer zu werden scheint, bis sie sich bei dem Fallen des Thaues gleichsam erholt, wo sie zuweilen noch stärker wird, als sie den ganzen Tag hindurch gewesen war, nachher aber wieder stufenweise ihre Kraft bis tief in die Nacht hinein verliert, doch bei hellem Wetter niemals ganz unmerklich wird. Die Luftelektricität zeigt sich am stärksten einige Stunden nach Aufgang und nach Untergang der Sonne; am schwächsten hingegen vor dem Aufgange und vor dem Untergange derselben *). — Diese Untersuchungen wurden von *Schübler* mit grosser Sorgfalt und Ausdauer wiederholt, und die erwähnten Perioden im Wesentlichen ebenso bestimmt. *Schübler* erhielt aus den Erfahrungen, welche er bei heiterem, ruhigen Wetter in den Thälern des südlichen Deutschlandes sammelte, folgende Resultate. Die atmosphärische Elektricität ist bei Sonnenaufgang schwach, und steigt langsam, wenn die Sonne sich über

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Luftelektricität. S. 471.

den Horizont erhebt, während gewöhnlich die Dünste sich in den tieferen Luftschichten vermehren. Unter diesen Umständen steigt die Elektricität gewöhnlich einige Stunden, an den längeren Sommertagen bis gegen 6 oder 7 Uhr, im Frühling und Herbst oft bis gegen 8 und 9 Uhr, und im Winter bis gegen 10 und 11 Uhr, wo sie endlich ihr Maximum erreicht. Zugleich ist zu bemerken, dass die unteren Luftschichten oft sehr dunstig sind, die wahre Feuchtigkeit der Luft vermehrt ist, dass die Temperatur des Thaupunctes höher liegt, als bei dem Sonnenaufgange, und dass im Herbst und Winter unter diesen Umständen oft eigentlicher Nebel mit starken Anzeigen von Elektricität eintritt. Die Elektricität bleibt gewöhnlich nur kurze Zeit auf diesem Maximum, vermindert sich dann wieder, anfangs schneller, dann aber langsam, gewöhnlich schneller, als sie zuvor stieg; gleichzeitig vermindern sich die sichtbaren Dünste in den unteren Luftschichten; Nebel, wenn solche entstanden waren, verziehen sich wieder, die Atmosphäre wird heiterer, so dass auch entferntere Gegenstände sichtbar werden, und die Feuchtigkeit der Luft nimmt immer mehr ab. Gegen 2 Uhr Nachmittags ist die Elektricität gewöhnlich schon sehr schwach, oft nur wenig stärker, als in der Frühe kurz nach Sonnenaufgang; sie vermindert sich nun noch langsamer, im Sommer bis gegen 5 und 6 Uhr, im Winter bis gegen 3 Uhr, wo sie ihr Minimum erreicht, um welche Zeit auch die Luft am trockensten ist. Die Elektricität bleibt auf ihrem Minimum verhältnissmässig länger, als auf ihrem Maximum; sie fängt jedoch wieder an zu steigen, sobald die Sonne sich dem Horizont nähert, nimmt mit Untergang derselben sehr merklich zu, steigt nun mit Eintritt der Abenddämmerung immer mehr, und steht gewöhnlich 1 $^1/_2$ bis 2 Stunden nach Sonnenuntergang auf ihrem zweiten Maximum. Gleichzeitig bilden sich aufs Neue Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre, über Thälern, und oft entstehen, vorzüglich

über Städten, grosse Dunstwolken; zugleich bemerkt man, dass die Feuchtigkeit der Luft schnell zunimmt und der Abendthau fällt, wobei oft, besonders in Thälern, eine sehr bemerkbare Abkühlung eintritt. Gewöhnlich ist die Elektricität während ihres zweiten Maximums wieder beinahe ebenso stark, wie sie einige Stunden nach Sonnenaufgang war. Sie bleibt auf diesem Maximum nur kurze Zeit, wird bald wieder schwächer, und vermindert sich die Nacht hindurch langsam bis gegen Sonnenaufgang, wo sie mit Tagesanbruch die oben erwähnte Periode wieder beginnt *). Der Eintritt der Maxima richtet sich nach dem Einflusse der Sonne. Gleichwie die Maxima während der wärmeren Jahrszeit Morgens früher und Abends später eintreten, als während der kälteren Jahrszeit, so können dieselben auch in einer und derselben Jahrszeit bei verschiedener Temperatur auch zu verschiedenen Stunden erscheinen. *Schübler* bemerkte das Maximum der Luftelektricität manchmal des Morgens später und des Abends früher eintreten, als gewöhnlich, wenn die Temperatur der Atmosphäre für diese Jahrszeit geringer war als gewöhnlich, was sich sowohl bei strenger Winterkälte, als auch an einzelnen rauhen Sommertagen bestättigte.

Ursache der täglichen Zu- und Abnahme der Luftelektricität. Da die Dünste die elektrische Materie viel stärker anziehen, als die Luft, so müssen sie vorzüglich die Träger der atmosphärischen Elektricität sein. Dieselbe äussert sich nicht immer gleich stark, sondern kann, ebenso wie der Wärmestoff, mehr oder weniger frei oder gebunden sein, je nachdem die Dünste sich mehr concentrirt oder expandirt haben. Wenn nämlich Dünste von der Erde aufsteigen, und sich in der Atmosphäre ausbreiten und fein zertheilen, so wird elektrische Ma-

---

*) Meteorologie von *Kämtz*, Bd. II. S. 403. — Meteorologie von *Schübler*. S. 84.

terie gebunden, und zwar um so mehr: 1) je grösser die Masse der Dünste ist, und 2) je weiter dieselben sich expandiren. Wenn im Gegentheil Dünste in der Atmosphäre sich zusammenziehen und verdichten, so wird elektrische Materie frei, und zwar um so mehr: 1) je grösser die Menge dieser Dünste ist, und 2) je mehr sie sich zusammenziehen und verdichten. Die Elektricität äussert sich hierbei um so stärker, je rascher dieser Verdichtungsprocess von Statten geht; weil dadurch die elektrische Materie um so mehr concentrirt und in ihrer Intensität gesteigert wird, indem sie alsdann um so weniger Zeit hat sich wieder zu zerstreuen und in der Atmosphäre zu vertheilen. Da nun die in der Atmosphäre verbreiteten Dünste nicht immer in gleichem Zustande verharren, sondern täglich periodisch abwechselnd sich zusammenziehen und wieder ausdehnen, wie wir bereits früher (S. 221 u. ff.) gesehen haben, so muss auch die freie Elektricität periodisch zu- und wieder abnehmen. Wir finden nämlich, dass die atmosphärische Elektricität von Aufgang der Sonne an allmählig wächst, wie die Menge und Dichtheit der Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre zunimmt (S. 243.), und dass sie ihr erstes Maximum erreicht zur Zeit, wo die Menge und Dichtheit der Dünste am grössten ist. Späterhin, wenn die Wirkung der Sonnenstrahlen stärker wird, vermindert sich die Elektricität wieder, weil die Dünste wieder mehr expandirt und in die höheren Theile der Atmosphäre erhoben werden; und sie wird nach und nach geringer, wie die Menge und Dichtheit der Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre abnimmt, und erreicht sofort ihr erstes Minimum zur Zeit, wo die Luft am trockensten ist. Dieses Minimum der Elektricität dauert so lange, als die hohe Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre anhält; sobald aber die Sonne sich dem Horizonte nähert und die Temperatur abnimmt, so müssen die Dünste sich nach und nach wieder verdichten, und in die unteren Schichten der

Atmosphäre heruntersinken; zugleich fängt auch die Elektricität wieder an zu steigen, und wächst in dem Masse, wie die Menge und Dichtheit der Dünste in den unteren Schichten wieder zunimmt, bis sie endlich zur Zeit, wo die Luft am feuchtesten ist und der Abendthau fällt, ihr zweites Maximum erreicht. Dieses Maximum dauertn ur kurze Zeit, weil die Menge der Dünste in der Atmosphäre sich vermindert, indem dieselben grossentheils als Thau zur Erde fallen. Die Elektricität nimmt also während der Nacht allmählig ab, wie die Menge und Dichtheit der Dünste in den unteren Schichten der Luft abnimmt, bis sie endlich mit Tagesanbruch wieder anfängt zu steigen, und sofort die ganze Reihe von Erscheinungen wiederholt, auf die nämliche Weise und aus der nämlichen Ursache, wie eben beschrieben worden ist. — Die Maxima erscheinen in verschiedenen Jahrszeiten nicht zu den nämlichen Stunden, weil auch die grösste Menge und Dichtheit der Dünste nicht immer zu denselben Stunden in den unteren Schichten der Atmosphäre Statt findet. Da nun die Expansion der Dünste sich bei dem Wechsel der Tags- und Jahrszeiten vorzüglich nach dem Einflusse der Sonnenstrahlen richtet, so müssen die Maxima der Elektricität an den warmen Sommertagen Morgens früher und Nachmittags später Statt finden, als an den kalten Wintertagen.

Verschiedenheit der Elektricität in verschiedenen Jahrszeiten und ihre Ursache. Nach den Beobachtungen von *Beccaria*, *Henley*, *Cavallo*, *Saussure*, *Crosse*, *Schübler* und Andern, ist die Elektricität der heiteren Luft im Sommer viel geringer, als im Winter. *Saussure* z. B. fand bei ganz heiterem Wetter im Sommer die Luftelektricität kaum halb so stark, als im Winter. Dieser Unterschied kömmt daher, weil im Sommer die Dünste sich gemäss der höheren Temperatur mehr ausbreiten und in höhere Regionen der Atmosphäre aufsteigen, und mithin eine grössere Menge elektrischer Materie mit sich fortnehmen, also der unteren Luftmasse entziehen; dahin-

gegen im Winter die Dünste sich gemäss der geringeren Wärme weniger expandiren und nicht so hoch in die Atmosphäre erheben, sondern mit ihrer elektrischen Materie sich mehr in den unteren Luftschichten ansammeln. Demnach lässt es sich erklären, dass die Elektricität der Luft, bei gleicher Heiterkeit der Atmosphäre, an warmen Tagen schwächer ist, als an kalten; ferner, dass die Zu- und Abnahme der Luftelektricität im Sommer anders erfolgt, als im Winter, und selbst während des Sommers bei verschiedener Witterung verschieden erscheint. So beobachtete z. B. *Saussure*, dass an *trockenen und heissen Tagen*, und wenn die Erde auch schon *in Folge der vorausgegangenen Witterung ausgetrocknet ist*, die Luftelektricität vom Aufgange der Sonne an, da sie fast unmerklich ist, nach und nach zunimmt, *bis um 3 oder 4 Uhr Nachmittags, wo sie ihre grösste Stärke erreicht*; dass sie hierauf allmählig abnimmt, bis zu der Zeit, da der Thau fällt, wo sie wieder etwas wächst, nachher aber wieder abnimmt und endlich in der Nacht beinahe ganz verschwindet. Dagegen bemerkte *Saussure* auch, dass die tägliche Periode der Luftelektricität selbst im Sommer an *schönen*, auf *regnerische* folgenden Tagen, wenn die Erde mit *Feuchtigkeit* angefüllt ist, der Periode im Winter gleiche, indem alsdann die Kraft der Elektricität *mitten im Tage* abnehme *). Wenn aber die Luft nicht heiter und trocken, sondern mit Dünsten angefüllt und feucht ist, zumal wenn die Dünste sich schnell verdichten, Wolken und Niederschläge bilden, dann geben die Beobachtungen über die Elektricität der Atmosphäre ein ganz anderes Resultat, indem die Elektricität der Wolken auf das Elektrometer einwirkt. Unter solchen Verhältnissen erscheint die Elektricität der Atmosphäre im Sommer viel stärker, als im Winter, was durch die gewaltigen Erscheinungen der elektrischen Processe in der Atmosphäre,

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Luftelektricität S. 473 — 74.

wie auch durch die fünfjährigen Beobachtungen von *Heller* bewiesen wird. *Heller's* Apparat bestand aus einer Wetterstange, die nach innen geleitet wurde, und mit einem Fadenelektroskope, nach Umständen auch mit einem Glockenspiele verbunden wurde, aber auch bei stärkerer Elektricität auf eine Auffangekugel ihre Funken überschlagen liess. Nach *Heller* sind hieran die Aeusserungen der Elektricität *im Winter schwach*, wenn es hoch kömmt, so fahren an der Maschine kleine Funken über. Gegen das Frühjahr hin wächst die Elektricität allmählig, so dass sie gegen die Mitte des Monats März das Fadenelektrometer stark afficirt. Im April zeigt sie sich manchmal des Tages sehr oft in den sogenannten Aprilstürmen häufig durch Glockenspiel und Funken. Gegen das Ende des Aprils und im Mai beweisst sie ihre Stärke durch reissende Ströme an der Maschine. In den Sommermonaten Juni und Juli sprüht die Maschine Funken, so oft es blitzt, dann ist Stillstand bis zu einem neuen Blitze; hagelt es, dann ist rascher Feuerstrom, der durch einen einfallenden Blitzstrahl augenblicklich gestillt wird, um wieder lebhafter anzufangen. Fallen im Herbste Stürme und Strichregen ein, so kehrt das Verhalten des März zurück, bedecken endlich die Herbstregen den ganzen Horizont, dann beobachtet man die Maschine ganz umsonst, indem alle Spuren der Elektricität verschwunden sind *).

Einfluss der Bewölkung auf die Luftelektricität. Die Elektricität der Luft erscheint bei bewölktem Himmel nicht immer in gleichem Grade, sondern an Stärke sehr verschieden, je nachdem das Gewölk sich erst vor kurzem und schnell gebildet hat, oder ob es schon vor längerer Zeit und nur allmählig entstanden, oder gar aus entfernten Gegenden langsam herbeigezogen ist. Denn wenn eine grosse Menge von stark expandirten Dünsten sich

---

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Luftelektricität S. 470.

auf einmal schnell verdichtet und grosse, schwere Wolken, oder auch selbst häufige Niederschläge bildet, so wird ihre Elektricität dadurch sehr concentrirt, und folglich intensiv verstärkt, wodurch dann ferner auch die Elektricität der Luft beträchtlich gesteigert werden kann. Wenn aber die Dünste sich nur langsam und wenig verdichten, so kann dabei die Elektricität der Luft nicht beträchtlich zunehmen, weil sie durch die Feuchtigkeit der Atmosphäre nach und nach der Erde zugeführt, und von derselben absorbirt wird. — Noch weniger kann die Elektricität der Luft zunehmen, wenn die Wolken sich in entfernten Gegenden gebildet, und ihre Elektricität grösstentheils eingebüsst haben, bevor sie an den Beobachtungsort gelangen. Wenn aber einmal der Himmel ganz bewölkt ist und es längere Zeit hindurch bleibt, so muss die Luft an Elektricität noch mehr abnehmen, weil ihr alsdann, wegen mangelnder Einwirkung der Sonnenstrahen und wegen verminderter Ausdünstung der Erde (S. 240.), wenig elektrische Materie zufliesst, und die bereits vorhandene grossentheits durch die Feuchtigkeit zu der Erde fortgeführt und von derselben absorbirt wird.

Hieraus ist es zu erklären, dass die Luftelektricität im Allgemeinen an heiteren Tagen stärker ist, als bei bewölktem Himmel, und dass überhaupt die Stärke und Bestimmtheit der periodischen Ab- und Zunahme der Luftelektricität sich nach der Beschaffenheit des Himmels richtet, wie *Schübler* beobachtet hat. Die Perioden sind nämlich am auffallendsten bei ruhiger, heiterer Luft, geringe bei zum Theil bedecktem Himmel, am schwächsten und oft kaum merklich bei ganz bedecktem Himmel, und endlich ganz regellos, wenn dichte Wolken und Nebel die Atmosphäre erfüllen, und ihre oft sehr starke Elektricität den untern Luftschichten mittheilen. *Schübler* bemerkte oft, dass die elektrischen Perioden stärker eintraten, wenn nach trüber, feuchter Witterung mit

Regen der Himmel sich auf einmal erheiterte (bei gewöhnlich steigendem Barometer), wobei stets das Hygrometer, vorzüglich Morgens und Abends, einen bedeutenden Grad von Feuchtigkeit anzeigte; dass hingegen die elektrischen Perioden nach und nach geringer wurden, wenn anhaltende Trockenheit eintrat, was auch bereits früher angeführt und erklärt wurde.

Entstehung der Gewitter. Ein Gewitter kann nur dann entstehen, wenn eine beträchtliche Menge elektrischer Materie in der Atmosphäre angesammelt ist, und die Dünste sich sehr schnell und stark verdichten. Da die Atmosphäre ihre Elektricität theils unmittelbar, theils mittelbar durch den Einfluss der Sonnenstrahlen erhält, wie wir bereits früher (S. 240.) gesehen haben, so muss die elektrische Materie sich vorzüglich da anhäufen und zur Entstehung von Gewittern Anlass geben, wo der Einfluss der Sonnenstrahlen stärker ist und länger anhält; aus diesem Grunde erscheinen die Gewitter innerhalb der Wendekreise nicht nur häufiger, sondern auch viel stärker, als in höheren Breitegraden, und ebenso in unsern Gegenden während des Frühjahrs und Sommers viel häufiger und stärker, als während des Herbstes und Winters. Die Entstehung des Gewitters selbst lässt sich folgender Massen erklären. Wenn bei einer anhaltend warmen, heiteren Witterung die Atmosphäre eine grosse Menge von Dünsten in sich aufgenommen hat, so entsteht durch den Einfluss der bereits früher angegebenen Momente sehr leicht die Veranlassung, dass die Dünste sich schnell verdichten, Wolken bilden und somit ein Gewitter hervorbringen. Unter den erwähnten Verhältnissen werden die Wasserdünste von den Lufttheilchen weniger angezogen, als sie sich selbst gegenseitig anziehen, sie bleiben daher nicht mehr in dem Zustande der Absorption und Distraction, worin sie bisher von der Luft gehalten worden waren, sondern sie scheiden sich von derselben ab, und verdichten sich nach

und nach immer mehr, indem sie sich gegenseitig mehr anziehen und näher zusammenrücken. Diese Abscheidung der Wasserdünste von den Lufttheilchen kann, wenn sie einmal angefangen hat, durch die dabei entwickelte Elektricität sehr befördert werden, gleichwie überhaupt viele Verbindungen verschiedener Stoffe durch die Einwirkung einer starken Elektricität aufgehoben werden. Indem nun die Wasserdünste sich mehr zusammenziehen und verdichten, wird auch die in der Atmosphäre verbreitete elektrische Materie nach und nach mehr concentrirt und in den Wolken angesammelt, indem sie von den Wasserdünsten viel stärker, als von der Luft angezogen wird. Bei dieser Verdichtung der Dünste wird nebst der elektrischen Materie, auch eine grosse Menge Wärmestoff, welche vorher in denselben gebunden war, frei, so dass die atmosphärische Luft beträchtlich an Wärme zunimmt, wie es gewöhnlich nach anhaltend warmem, heiterem Wetter einige Zeit vor dem wirklichen Ausbruche eines Gewitters der Fall ist *). Die einzelnen, kleinen Wölkchen, welche anfangs dünn, locker und mehr ausgebreitet sind, ziehen sich nach und nach mehr zusammen, vereinigen sich mit einander, und bilden sofort grössere und dichtere Wolkenmassen, welche ebenfalls fortfahren, sich noch mehr zu verdichten, und durch Anziehung neuer Dünste und anderer Wolken sich immer mehr zu vergrössern. Je

*) Zu dieser, oft sehr lästigen Temperaturerhöhung der untern Luftschichten können gleichzeitig auch noch andere Ursachen kräftig mitwirken; so z. B. der Umstand, dass die Sonnenstrahlen durch die feuchte, mit Dünsten angefüllte Luft stärker gebrochen und nach der Erdoberfläche hingeleitet und somit mehr concentrirt werden; und ferner, dass wenn der Himmel mit einem dünnen, leichten Gewölk überzogen ist, die von der Erde zurückstrahlende Wärme nicht so leicht und häufig in die Höhe entweichen kann, sondern mehr in den unteren Schichten der Atmosphäre zurückgehalten wird.

schneller diese Verdichtung geschieht, und je grösser, dichter und schwerer die Wolkenmassen werden, desto mehr wird die Elektricität in ihnen concentrirt, angehäuft und verstärkt. Die Wolken sind anfangs alle positiv elektrisch, sie können aber auch durch eine Wechselwirkung eine negative Elektricität annehmen. Wenn nämlich eine stark positiv elektrische Wolke A sich einer andern Wolke B nähert, so dass sie darauf vertheilend wirkt, so erhält die Wolke B an ihrem vorderen, der Wolke A gegenüberstehenden Theile eine negative Elektricität, während an dem diametral entgegengesetzten Ende eine verhältnissmässig starke positive Elektricität entsteht. Wenn nämlich der eine Theil der Wolke B die Elektricität der angenäherten Wolke A mit einer gewissen Stärke anzuziehen strebt, oder vielmehr aus der Ferne gewisser Massen anzieht, ohne sie wirklich an sich zu reissen, so ist er nicht mehr im Stande, denjenigen Antheil von Elektricität, welchen er bisher gemäss seiner Anziehung in Besitz hatte, mit seiner ganzen Kraft anzuziehen, vermag also auch nicht mehr denselben ganz in Besitz zu halten, und gegen die Anziehung des entgegengesetzten Theiles derselben Wolke zu behaupten, sondern muss diesem einen beträchtlichen Theil davon überlassen, so dass die Elektricität sich von dem Vordertheile der Wolke B mehr entfernt, und in dem Hintertheile derselben verhältnissmässig mehr anhäuft, wodurch in jenem Theile ein negativ-elektrischer, in diesem aber ein positiv-elektrischer Zustand hervorgebracht wird. Diese Differenz der Elektricität in den beiden polarisch entgegengesetzten Theilen der Wolke B erscheint desto bedeutender, je stärker die positive Elektricität der Wolke A ist, und je näher sie heranrückt; weil sie dann um so stärker vertheilend auf die Elektricität der Wolke B wirkt. Unter diesen Verhältnissen kann eine ähnliche Vertheilung der Elektricität auch in der Wolke A Statt finden. Denn in demjenigen Theile, welcher der Wolke B zugewendet ist, muss die elektrische Materie sich mehr

ansammeln, weil sie da nicht nur von diesem Theile der Wolke A selbst, sondern auch von der Wolke B angezogen wird, wie bereits erwähnt wurde; demnach muss also die elektrische Materie in der Wolke A ebenfalls ungleich vertheilt, d. h. in dem der Wolke B zugewendeten Theile vermehrt oder positiv, in dem diametral entgegengesetzten Ende aber vermindert oder negativ werden. — Wenn die beiden Wolken A und B sich einander nicht näher rücken, und keine elektrische Materie durch Ueberschlagen von Funken (Blitzen) wirklich mittheilen, sondern vielmehr sich wieder von einander entfernen, so wird die Differenz der Elektricität wieder aufgehoben und das vorige Gleichgewicht hergestellt, die elektrische Materie in ihnen wieder gleichmässig vertheilt, indem jeder Theil der Wolken eine seiner Grösse und Anziehungskraft angemessene Menge elektrischer Materie aufnimmt. Wenn aber unter den vorhin angegebenen Verhältnissen eine dritte Wolke C sich dem Hintertheile der Wolke B hinreichend nähert, so wird auch in der Wolke C die Elektricität differencirt und ungleich vertheilt, d. h. in dem Vordertheile derselben vermindert oder negativ, in dem Hintertheile aber vermehrt oder positiv. Wenn nun die Wolke C sich der Wolke B hinreichend nähert, so fährt endlich ein gewaltiger elektrischer Funke oder Feuerstrom (Blitz) aus demselben hervor, und dringt unter einer heftigen Erschütterung der Luft (Donner) in die Wolke C ein, und hierdurch kann die Elektricität der ganzen Wolke C stärker positiv, die der Wolke B aber vermindert und durchaus negativ werden*). Die negative

*) Der nämliche Hergang findet auch Statt, wenn eine positiv elektrische Wolke sich einem andern Körper, z. B. einem Gebäude oder Baume, oder selbst dem Erdboden nähert; indem alsdann durch die vertheilende Wirkung der positiven Elektricität der Wolke in dem gegenüberstehenden Körper

Elektricität der Wolke B kann aber auch wieder aufgehoben und in positive verwandelt werden, wenn die Wolke B einer stark positiv elektrischen Wolke z. B. A so nahe kömmt, dass die elektrische Materie daraus auf jene überschlägt, wodurch die Elektricität der Wolke A vermindert wird, ja selbst negativ werden hann. — Auf solche Weise können einzelne Wolken abwechselnd bald positiv bald negativ elektrisch werden, und mithin auch bewirken, dass die Elektricität der Atmosphäre, wenn sie vermittelst fliegender Drachen mit einem Elektroskope untersucht wird, abwechselnd bald positiv, bald negativ erscheint. —

Entstehung des Regens und Hagels. Wenn zwei Wolken mit verschiedener Elektricität einander sehr nahe kommen, so können die Dünste derselben, gemäss ihrer elektrischen Differenz, sich gegenseitig anziehen, mit einander vereinigen, verdichten und somit Niederschläge bilden, welche sofort, vermöge ihres grösseren specifischen Gewichtes, zur Erde fallen. Die Niederschläge erscheinen positiv oder negativ elektrisch, je nachdem in den verschiedenen Dunstmassen vor ihrer Vereinigung und Verdichtung die positive oder negative Elektricität vorwaltete. Der Regen zeigt öfters eine negative Elektricität, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil die Regentropfen während des Herunterfallens zum Theil verdunsten, und daher negativ elektrisch werden, wie schon *Volta* und *Schübler* vermuthet haben. Dahingegen ist der Schnee meistens

---

eine negative Elektricität entsteht, welche später, wenn die Wolke nahe genug heranrückt, durch einen aus derselben hervor, und in den Körper eindringenden elektrischen Funken wieder aufgehoben wird. Gleichwie die positiv-elektrische Wolke in einer anderen Wolke oder Körpermasse eine negative Elektricität hervorzubringen vermag, so kann auch eine negativ-elektrische Wolke auf die entgegengesetzte Weise in einer anderen Wolke oder Körpermasse eine positive Elektricität durch Vertheilung hervorrufen.

positiv elektrisch, weil er nicht so wie der Regen während des Herabfallens verdunstet, und daher noch die positive Elektricität besitzt, die auch in den Wolken vorherrscht. Je grösser die Differenz der beiden Elektricitäten in den verschiedenen Wolken ist, desto schneller und stärker können die Dünste sich gegenseitig anziehen und verdichten, desto häufiger und dichter müssen also auch die dadurch gebildeten Niederschläge werden. Unter dem begünstigenden Einflusse der Elektricität können die Dünste sich sehr schnell verdichten und vereinigen, so dass ein heftiger Regen entsteht, wobei die Tropfen sehr häufig und gross erscheinen, wie es bei den Gewittern und gewitterähnlichen Platzregen gewöhnlich beobachtet wird. — Die Wassertheilchen können auch, wenn der elektrische Gegensatz in ihnen sehr bedeutend ist, sich gegenseitig so stark anziehen und verdichten, dass sie dadurch den in ihren Zwischenräumen befindlichen Wärmestoff schnell verdrängen (S. 198.), und sich nicht darauf beschränken, Tropfen zu bilden, sondern sogleich in den Zustand der Starrheit übergehen, und kleine Eisklümpchen, Graupel- oder Hagelkörner darstellen, wobei die in den höheren Regionen der Atmosphäre herrschende Kälte beträchtlich mitwirkt. — Dass das Wasser bei einer geringen Temperatur durch den Einfluss der Elektricität schnell in Eis verwandelt werden kann, hat *Seiferheld* durch einen Versuch bewiesen. Derselbe setzte nämlich an einem Abend in einem geschlossenen Zimmer bei 15° R. Kälte auf den Conductor einer Elektrisirmaschine einen Wassertropfen A von der Grösse einer Erbse, und einen gleich grossen Wassertropfen B auf den Knopf einer Leidner Flasche, welche 1 $^1/_2$ Fuss Beleg hatte und mit dem Conductor in Verbindung stand. Er liess hierauf unverweilt die Maschine drehen, und hielt eine Ausladekugel $^1/_2$ Zoll weit von dem Wassertropfen B, so dass dadurch die Ausladung geschehen musste. Der Tropfen bekam bei der dritten Entladung eine Vertiefung, bei der fünften Entladung ein

milchiges Ansehen, und erschien bei näherer Untersuchung als festes Eis; dahingegen der Tropfen A keine Veränderung erlitten hatte. *Seiferheld* machte sodann den Versuch umgekehrt, d. h. liess die Entladung durch den Tropfen A gehen, und nun wurde dieser in Eis verwandelt, während der Tropfen B nicht gefror, sondern ganz unverändert blieb. Hieraus erhellet also deutlich, dass der Wassertropfen nicht durch die geringe Temperatur allein, sondern hauptsächlich durch die Einwirkung des elektrischen Funkens in ein Hagelkorn verwandelt wurde*). Was hier im Kleinen durch die Kunst erzeugt wird, das kann im Grossen durch die Natur viel schneller und häufiger hervorgebracht werden. Für diese Annahme spricht die Erscheinung, dass während eines Gewitters der Hagel nicht immer in gleicher Menge, sondern zuweilen nach einzelnen Blitzschlägen häufiger erscheint. Dass die Graupel- und Hagelkörner hauptsächlich durch den Einfluss der Elektricität bedingt werden, dafür spricht auch die Erscheinung, dass dieselben nur bei beträchtlicher Elektricität der Wolken und meistens bei wirklichen Gewittern entstehen, und zwar dass die kleineren Arten des Hagels, die sogenannten Graupeln, vorzüglich da erscheinen, wo die Elektricität der Wolken geringer ist, z. B. bei Gewittern, welche im Frühjahre und Herbste, manchmal auch im Winter Statt finden, auch wohl auf hohen Gebirgen und in höheren Breitegraden vorkommen, dahingegen die grösseren Hagelmassen vorzüglich bei den schwersten Gewittern, bei den dicksten, schwärzesten und am tiefsten herabgehenden Wolken entstehen, wie solche vorzüglich bei grosser Sonnenhitze in den mittleren und niederen Breitegraden vorkommen. Es gibt zwar auch Hagelwetter ohne Blitz und Donner; dieselben haben aber in Bezug auf Bildung, Höhe, Ausdehnung und

*) Grundriss der Experimental-Naturlehre von *Imhof*. Thl. II. S. 412.

Gestalt der Wolken, des sie begleitenden Sturmwindes und Regens, ganz die Eigenthümlichkeit der Gewitter, und es fehlt eigentlich nichts, als die günstige Gelegenheit zur Entstehung der Blitze. Hierbei verdient noch bemerkt zu werden, dass in den wärmeren Jahren auch die meisten Gewitter und Hagelwetter Statt finden. Für die fragliche Erklärung spricht ferner die Erscheinung, dass der Hagel nicht in der ganzen Wolkenmasse, sondern nur in einem verhältnissmässig kleinen Theile derselben gebildet wird, und zwar meistens während der grössten Heftigkeit der Gewitter entsteht, da im Anfange und zu Ende derselben nur Regen fällt *).

Menge und Grösse der Hagelkörner. Die Hagelkörner entstehen um so häufiger und werden um so grösser, je stärker der Gegensatz der Elektricitäten und die gegenseitige Anziehung der Wassertheilchen ist, wie sich bereits aus dem Vorhergehenden ergibt. Die Grösse der Hagelkörner kann aber auch während des Herabfallens beträchtlich verändert werden. Dieselben können sich nämlich vergrössern, indem sie die Dünste, womit sie während des Herabfallens in Berührung kommen, sogleich anziehen, abkühlen, mit sich vereinigen und in Eis verwandeln. Die Hagelkörner können demnach um so grösser werden, je grösser ihre Fallhöhe ist, und je mehr Dünste

*) Wenn die schon mehrmals beobachtete Rotation der herabfallenden Hagelkörner öfters Statt findet, so dass sie sich nicht wohl von zufälligem Aneinanderstossen der Hagelkörner herleiten lässt, so kann sie füglich auch aus der Wirkung der Elektricität erklärt werden, wofür denn auch die Erscheinung spricht, dass die Ränder einer Hagelwolke sich drehten, wie von *Lecoq* beobachtet, und durch andere, aus verschiedenen Gegenden, eingezogene Nachrichten bestättigt wurde (*v. Froriep's* Notizen Nr. 1096. Novemb. 1836.). Die Art und Weise, wie durch Elektricität eine Rotation hervorgebracht werden kann, findet sich in meiner Schrift «das Weltsystem» S. 93—96. erklärt.

in der Luft vorhanden sind; weil sie dann während ihres Herabfallens eine desto grössere Menge von Dünsten antreffen und mit sich vereinigen. Die Hagelkörner können sich auch dadurch vergrössern, dass sie während des Niederfallens an einander stossen, und bei ihrer beständigen Kälte und Nässe leicht zusammenfrieren, wodurch eine unregelmässige Gestalt und auffallende Grösse der Hagelmassen entstehen kann, wie man zuweilen beobachtet hat. — Dass die Graupel- und Hagelkörner sich auf die beschriebene Weise während des Herabfallens vergrössern, dafür spricht die Erscheinung, dass auf hohen Bergen keine grosse Hagelkörner fallen, dass eine Höhe von 5 bis 6000 Fuss nach *Muncke* als die Grenze des eigentlichen Hagelns zu betrachten ist, während das Graupeln noch beträchtlich höher vorkömmt; ferner, dass die Graupelkörner vorzüglich da erscheinen, wo die Verdunstung und mithin auch die Menge der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste gering ist, nämlich bei den Gewittern, welche im Früh- und Spätjahre, wie auch im Winter bei uns und besonders in höheren Breitegraden vorkommen; dahingegen die grösseren Hagelkörner vorzüglich da entstehen, wo die Menge der in der Atmosphäre verbreiteten Dünste sehr gross ist, d. h. bei denjenigen Gewittern, welche während der wärmeren Jahrszeit in den mittleren und niederen Breitegraden Statt finden. Ferner spricht für die fragliche Erklärung auch die Erscheinung, dass die Hagelkörner, wenn sie gespalten werden, inwendig meistens einen deutlich zu unterscheidenden Kern von lockerem Eise enthalten, welcher einem Graupelkorne ganz ähnlich, und ringsum mit einer mehr oder weniger dicken Rinde von festerem Eise umgeben ist, und dass man in grösseren, unregelmässig gestalteten Hagelmassen zuweilen mehrere solcher Kerne findet. — Im Gegentheil ist zu bemerken, dass die Graupel- und Hagelkörner sich nicht immer während des Herabfallens vergrössern, sondern öfters wirklich

kleiner werden, ja selbst ganz zergehen; wenn nämlich die unteren Schichten der Atmosphäre so warm sind, dass die herabfallenden Eisklümpchen darin schmelzen. So sieht man z. B. bei einem Graupel- oder Hagelwetter nicht selten Körner, welche mehr oder weniger geschmolzen sind. Wenn die Wärme an der Erdoberfläche sehr gross ist, und sich auch sehr hoch in die Atmosphäre erstreckt, so können alle Graupel- oder Hagelkörner während des Herabfallens gänzlich schmelzen, so dass sie als grosse Tropfen den Boden erreichen. Daher erklärt sich die Erscheinung, dass in der Nähe des Aequators und innerhalb der Wendekreise, wo doch die Gewitter ungemein heftig sind, in einer mit der Meeresfläche gleichen Ebene, und selbst auf einer Höhe von 300 Toisen, fast niemals Hagel fällt, während in grösseren Höhen Hagel vorkömmt, der aber meistens nur klein ist. Da die Bildung des Hagels durch einen starken elektrischen Gegensatz der Wolken, und durch eine grosse Feuchtigkeit der Luft wesentlich bedingt wird, so lässt es sich erklären, dass mit Ausschluss der Tropengegenden, wo der in der Höhe gebildete Hagel während des Niederfallens wieder schmilzt, die dem Hagel unterworfenen Erdzonen auf der nördlichen Halbkugel nach *Muncke* etwa mit dem 30. Grade erst anfangen, und sich vermuthlich nur bis zum 60. Grade erstrecken, während Graupelschauer in höherer Breite, namentlich bei den in den Küstengegenden vorherrschenden Wintergewittern nicht selten sind *).

Dauer und Ausdehnung der Hagelwetter. Das Hageln währt an den meisten Orten gewöhnlich kaum länger als 15 Minuten, selten 30 Minuten, und zwar aus dem Grunde, weil die Wolken, worin der Hagel gebildet wird, in der Regel von geringer Ausdehnung sind und durch den Wind schnell fortgetrieben werden. Die Hagelbildung selbst wird aber so lange fortgesetzt, als der elektrische Gegen-

*) *Gehler's* phys. Wörterb. Art. Hagel. S. 46.

satz in den Wolken noch stark genug ist. Da nun die Wolken, während sie durch den Wind fortgetrieben werden, immer neue Dünste aus der Atmosphäre anziehen und verdichten, so bekommen sie auch immer neuen Zuwachs an Elektricität. Bei einem solchen fortgesetzten, reichlichen Zusammenflusse von Dünsten sind die Wolken im Stande, ihre Grösse, Dichtheit und Elektricität nicht nur eine längere Zeit hindurch zu behalten, sondern sogar noch zu vermehren*), und dabei grosse Strecken Landes, die manchmal mehr als hundert Stunden lang sind, mit Regen und Hagel zu überschütten. Die vom Hagel getroffenen Strecken sind im Verhältnisse zu ihrer Länge gewöhnlich sehr schmal; so beträgt z. B. ihre Breite nach *Muschenbroek* gewöhnlich nur 100 bis 300 Ellen, nach *Muncke* und Anderen zuweilen bei grossen Hagelschauern wohl 1000 bis 3000 Fuss, während ihre Länge manchmal über 100 Stunden ausmacht**), was vorzüglich dann Statt findet, wenn die Hagelwolken durch einen heftigen Wind schnell fortgetrieben werden. Die Breite solcher Strecken richtet sich nach der Grösse der Hagelwolken, während die andern Wolken, worin der elektrische Gegensatz nicht stark genug ist, nur Regen bilden. Der Hagel wird nämlich nicht in der ganzen Wolkenmasse der Gewitter, sondern nur in einem ver-

---

*) Da bei starker Verdichtung der Dünste und des Wassers eine beträchtliche Menge elektrische Materie entbunden wird, so kann die Hagelbildung selbst die Aeusserungen der Elektricität vermehren. Hieraus erklärt sich die Erscheinung, welche *Muncke* beobachtet haben will, nämlich: dass beim Beginnen von Hagelwettern, wie bei sehr schweren Gewittern, einzelne Blitze und ein abgeschnittener prasselnder Donner minder häufig beobachtet werden, als vielmehr eine dem Wetterleuchten ähnliche anhaltende Erhellung und ein ununterbrochenes dumpfes Rollen des Donners. (*Gehler's* phys. Wörterb. Art. Hagel. S. 49.)

**) Ebendaselbst. S. 42.

hältnissmässig kleinen Theile derselben gebildet, wo der Gegensatz und Einfluss der Elektricität hinreichend stark ist; daher kömmt es, dass dem Hagelschauer gewöhnlich Regen vorausgeht und nachfolgt, und dass zu beiden Seiten der vom Hagel getroffenen Strecke öfters grosse Striche Landes von heftigem Regen übergossen werden.

Der Hagel wird nicht durch die Kälte allein hervorgebracht. In neuerer Zeit hat man angenommen, dass die Verdichtung der Dünste blos auf einer Abkühlung beruhe, und dass dadurch nicht nur die Bildung der Wolken und des Regens, sondern auch die des Hagels ursprünglich und wesentlich bedingt werde. Hiergegen aber ist zu erwiedern, dass die Entstehung der Wolken und des Regens nicht immer auf einer Abkühlung der Dünste allein beruht, wie wir bereits früher gesehen haben, und dass namentlich die Entstehung des Hagels weder von dem Einflusse einer eiskalten Luft, noch von dem theilweisen Verdunsten der herabfallenden Regentropfen abgeleitet werden darf; indem eine Menge anderer, hierher gehörenden Erscheinungen nach den fraglichen Theorieen nicht erklärt werden können. Unter andern sind zunächst folgende Fragen zu beantworten: 1) Wie und wodurch bei den Gewittern und Hagelschauern eine so starke Abkühlung der Dünste ursprünglich hervorgebracht wird? 2) Warum durch eine starke Abkühlung im Sommer so grosse Hagelmassen, und im Winter nur Schneeflocken hervorgebracht werden? 3) Warum der Hagel in den mittleren, wärmeren Breitegraden viel häufiger vorkömmt, als in den mehr nördlichen, kälteren Gegenden, und warum die Hagelkörner während der warmen Jahrszeit viel öfter, häufiger und grösser erscheinen, als in der kalten Jahrszeit? 4) Warum die Hagelbildung so plötzlich eintritt, so rasch von Statten geht, und bei einem und demselben Unwetter an Stärke manchmal ab- und wieder zunimmt, und namentlich bei einzelnen Blitzschlägen stärker erscheint? 5) Warum die Hagelbildung nicht in

der ganzen, oft ungeheuer grossen und dichten Wolkenmasse, sondern meistens nur in einem verhältnissmässig sehr kleinen Theile derselben Statt findet; und warum dieser Theil im Stande ist, die Hagelbildung so lange fortzusetzen, während die übrige Wolkenmasse dazu unfähig ist und nur Regen bildet? Da nun diese und mehrere andere Erscheinungen von einer Abkühlung allein nicht hergeleitet werden können, so ist die ganze Theorie unstatthaft und verwerflich.



